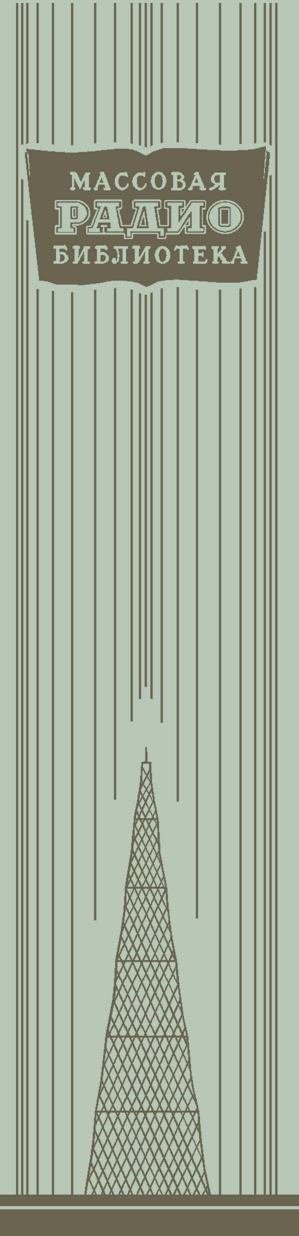


В. Ю. РОГИНСКИЙ и В. З. ФЕЙГЕЛЬС

ОТ МИКРОФОНА ДО ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

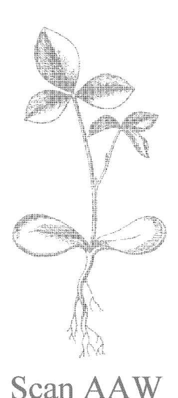
1955

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 233

В. Ю. РОГИНСКИЙ и В З. ФЕЙГЕЛЬС

ОТ МИКРОФОНА ДО ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1955 ЛЕНИНГРАД

В брошюре, рассчитанной на массового читателя, начинающего радиолюбителя и школьника, кратко и в популярной форме рассказывается о физических процессах радиопередачи и радиоприема: преобразовании звуковых колебаний в электрические, усилении электрических колебаний, процессах модуляции и детектирования, излучении электромагнитной энергии, приеме электромагнитных волн и преобразовании электрических колебаний в звуковые.

Авторы: *Рогинский Владимир Юрьевич*
и *Фейгельс Виктор Зиновьевич.*

ОТ МИКРОФОНА ДО ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ

* * *

Редактор *Кубаркин Л. В.* Техн. редактор *Ларионов Г. Е.*

Сдано в пр-во 3/VIII 1955 г. Подписано к печати 15/X 1955 г.
Бумага $84 \times 108^1/_{32}$ 3,28 п. л. Уч.-изд. л. 3,6
Т-08146. Тираж 25000 Цена 1 р. 45 к. Зак. № 369

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., д. 10

ВВЕДЕНИЕ

С незапамятных времен человек мечтал о быстрой и надежной передаче сообщений на расстояние. Эти мечты нашли свое отражение в многочисленных народных сказках о чудесном ковре-самолете, чутком ухе гонца, слышащего как растет трава, волшебном зеркальце, позволяющем видеть все, что творится на белом свете. В наше время все эти мечты в значительной мере претворены в жизнь.

Чудесный ковер-самолет стал обыденным транспортным средством, подчиненным строгому расписанию. На этом самолете имеется несколько «волшебных зеркал» — радиолокаторов. При их помощи можно уверенно летать ночью и в тумане и даже приземлиться на аэродроме, не видя его. Сказочное чуткое ухо сейчас имеется в каждом доме в виде радиоприемника, благодаря которому мы всегда бываем в курсе событий дня, слушаем концерты, доклады, беседы. В течение нескольких минут, изменяя настройку приемника, можно «побывать» в различных городах нашей страны и даже за ее пределами.

Современные достижения науки и техники тесно связаны с применением радио. Наше время можно называть эпохой радиотехники. Использование радио для целей связи является одним из важнейших достижений. Прошло то время, когда для связи применялся «живой телефон», когда сообщения передавались «из уст в уста».

В битве, происшедшей в Марафонской долине вблизи г. Афины, греки, защищавшие свою родину, наголову разбили «непобедимые» персидские войска. С вестью о победе был послан бегун, пробежавший без остановки 42 *км* 195 *м* до ворот Афин. Воскликнув: «радуйтесь, мы победили», бегун умер. Сейчас бег на такую дистанцию совершается часто, но не для передачи сообщений, а с чисто спортивными целями.

В течение многих лет для передачи сообщений применялся оптический телеграф. Условные знаки передавались

при помощи зажженных факелов или зеркалами, отражающими солнечные лучи. Последнее устройство называли гелиографом. Позднее были изобретены более совершенные системы оптического телеграфа. Среди них выделяется «семафорный телеграф» И. П. Кулибина, который назвал свое устройство «дальноизвещающей машиной».

По существу все системы оптического телеграфа представляли собой своеобразные эстафеты для передачи известий в виде условных сигналов от одного пункта к другому при помощи видимых знаков. Для лучшей видимости сигналов и знаков в каждом пункте передачи строились высокие башни. Одна из таких линий связи была организована между Петербургом и Варшавой. На этой линии связи было установлено 149 башен, которые обслуживались специальной «телеграфной ротой» в составе 1 908 чел. Передача сигнала из Петербурга в Варшаву длилась 22 мин.

Своеобразная акустическая эстафета была устроена в России в 1896 г. для передачи известия из Москвы в Петербург о начале коронации царя Павла I. Приблизительно через каждые 200 *м* по всему пути от Кремля в Москве до Петропавловской крепости в Петербурге были расставлены солдаты. Первый солдат выстрелил, как только началась коронация царя в Кремле. Второй солдат выстрелил после того, как он услыхал звук выстрела первого солдата. Так, один за другим стреляли все солдаты, пока последний из них, стоявший у Петропавловской крепости, не передал сигнал о коронации, в честь чего из пушек крепости был дан артиллерийский салют. Для передачи сигнала из Москвы потребовалось 3 часа!

Связь такого рода была неудобной, дорогой, медленной и пригодной лишь для передачи очень коротких сообщений.

Только использование электричества дало возможность создать телеграф и телефон, которые обеспечили надежную и быструю связь на большие расстояния. Заслуга создания электрической связи принадлежит многим ученым, среди которых выделяются и русские ученые.

Первый в мире практически пригодный электромагнитный телеграф был изобретен П. Л. Шиллингом, а Б. С. Якоби разработал ряд еще более совершенных телеграфных аппаратов, в том числе и буквопечатающий. В настоящее время широко используются электрический проводной телеграф, телефон и фототелеграф. Однако эти средства связи недостаточны для того, чтобы быстро и надежно обеспечивать связь на больших расстояниях. К тому же

ими можно пользоваться только в тех местах, где имеются соответствующие проводные линии. Достаточно взглянуть из окна движущегося поезда на многочисленные телеграфные столбы с проводами, чтобы понять недостатки, свойственные проводным системам связи. Что же делать в тех случаях, когда между пунктами связи нет проводной линии? Как обеспечить связь между летающими самолетами и плавающими кораблями? Не тянуть же им с собою провода!

Недостатки проводной связи вынуждали человечество искать новые способы связи. Проблема беспроводной связи всегда привлекала к себе внимание, и большое число крупных ученых многих стран работало над проблемами такой связи. Но только русскому ученому Александру Степановичу Попову удалось практически осуществить беспроводную связь и разработать нужную для этого аппаратуру.

7 мая 1895 г. А. С. Попов на заседании Русского физико-химического общества продемонстрировал свои приборы. Заканчивая свой доклад и демонстрацию первого в мире радиоприемника, он сказал, что эти приборы при дальнейшем их усовершенствовании могут быть применены для передачи сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний.

Теперь трудно назвать какую-либо область науки и народного хозяйства, где бы не использовалось радио. Радиотехника широко применяется для целей связи, вещания, телевидения, навигации, локации. На использовании радиотехнических методов и средств основаны автоматика и телемеханика, радиоастрономия, звуковое кино, промышленное применение токов высокой частоты для сушки древесины, закалки стали и многих других процессов.

Осветить в одной небольшой брошюре все многообразные применения радиотехники невозможно. Поэтому здесь мы изложим лишь основы радиовещания.

Радиовещанием называют передачи музыки, лекций, докладов, бесед и различных сведений для широкого круга слушателей.

Первые опыты по передаче речи начались еще при жизни А. С. Попова в 1905 г. Тем не менее эта проблема долгое время оставалась неразрешимой. Это объяснялось применением несовершенных радиопередатчиков, в которых использовались искровые, дуговые или электромашинные генераторы токов высокой частоты. Только с появлением ламповых генераторов стало возможным осуществить передачу речи и музыки.

Успешные опыты радиотелефонных передач проводились в СССР в 1919 г. В 1921 г. радиотелефонные передачи проводились в Москве, Нижнем Новгороде (г. Горький) и Казани. Весною 1922 г. начались пробные передачи концертов по радио.

Одним из создателей первых радиовещательных станций является М. А. Бонч-Бруевич, который впервые в мире разработал мощные радиолампы с водяным охлаждением. Такие лампы и применялись в первых радиовещательных станциях. Ценный вклад в развитие радиовещания в нашей стране внесли М. В. Шулейкин, В. П. Вологдин, Б. А. Введенский, А. И. Берг и в особенности А. Л. Минц и их сотрудники. Их усилия вывели советское радиовещание на первое место в мире.

Современное радиовещание осуществляется двумя способами: по радио и по проводам, причем одна и та же передача может производиться через ряд одновременно работающих радиостанций и проводную вещательную сеть. Последнюю часто (хотя и неправильно) называют радиотрансляционной сетью.

Радиовещание в СССР проводится на 70—80 языках народов и национальностей, населяющих нашу страну. Многие передачи советских радиостанций принимаются и повторно передаются (ретранслируются) радиостанциями стран народной демократии. По радио проводятся передачи лекций по всевозможным отраслям науки и техники, транслируются оперы и концерты, подробно освещаются материалы о международном положении, регулярно передаются сводки о состоянии погоды и прогнозы о погоде в разных районах страны. Передовые рабочие, колхозники и ученые выступают по радио и делятся своими достижениями и опытом работы со всеми слушателями.

Советское радио слушают на всем земном шаре и голос борьбы за мир во всем мире — голос Москвы и Советского Союза — воодушевляет все демократическое и прогрессивное человечество на борьбу за счастье народов.

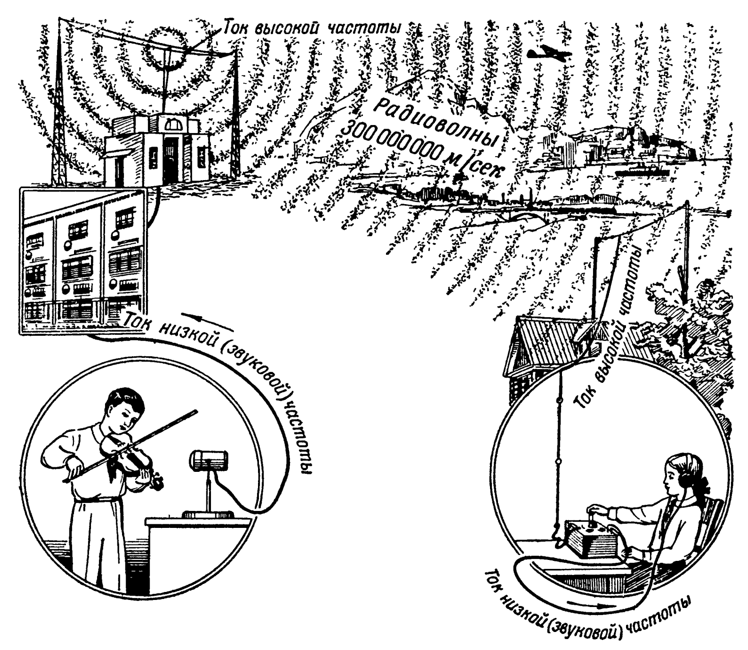
На фиг. 1 показаны основные звенья радиовещательной передачи (тракта).

Назначения отдельных узлов этой цепи следующие.

Микрофон, установленный в радиостудии, преобразует звуковые колебания в электрический ток, который называют током низкой частоты. Как правило, ток этот бывает очень слабым, поэтому он усиливается усилителем низкой частоты и по проводной линии подается на радиопередатчик.

Часто вместо микрофона используется магнитофон, позволяющий передавать заранее записанную на магнитную ленту передачу.

Микрофоны, магнитофоны, усилители низкой частоты и необходимая вспомогательная аппаратура располагаются в радиовещательном центре, откуда ведутся все передачи.

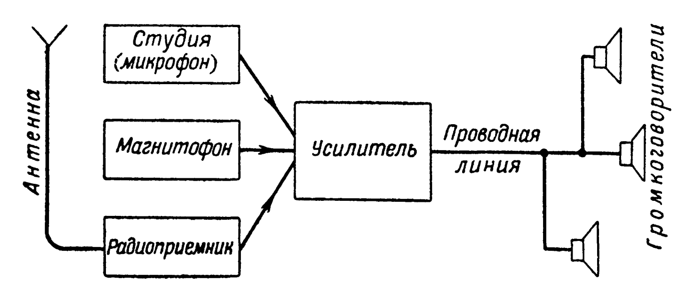


Фиг. 1. Схема радиовещательного тракта.

Радиопередатчик создает колебания высокой частоты, которые после воздействия на них тока низкой частоты (модуляции) подводятся к устройству, предназначенному для излучения электромагнитных волн в пространство, называемому передающей антенной радиостанции. Токи высокой частоты, протекая по антенне, возбуждают в окружающем антенну пространстве электромагнитные волны или, иначе, радиоволны.

Радиоволны, распространяются во все стороны со скоростью света (около 300 000 *км/сек*). Достигнув приемной антенны, они наводят в ней электродвижущую силу (э. д. с.), которая изменяется с течением времени так же, как и токи в передающей антенне.

Радиоприемник представляет собой устройство, на выходе которого имеется громкоговоритель, преобразующий электрические колебания в звуковые. Приемник позволяет осуществить выбор передачи той или иной радиостанции при помощи соответствующих органов настройки. В нем происходят все необходимые преобразования полученной от антенны э. д. с., в результате чего ток на выходе приемника по своему характеру получается подобным току в цепи микрофона или магнитофона. Следовательно, звуковые колеба-



Фиг. 2. Блок-схема узла проводного вещания.

ния, создаваемые громкоговорителем, будут подобны звуковым колебаниям, которые были уловлены микрофоном.

Упрощенная схема узла вещания по проводам представлена на фиг. 2. Основным элементом такого узла является усилитель низкой частоты, достаточно мощный для питания всех присоединенных к нему громкоговорителей. В зависимости от назначения узла его мощность колеблется от нескольких ватт до нескольких десятков киловатт.

Узел может вести местные передачи при помощи микрофона или магнитофона, транслировать передачи центральной радиостудии или радиостанций, для приема которых служит радиоприемник с антенной.

ЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЗВУКОВ И ВОЛН

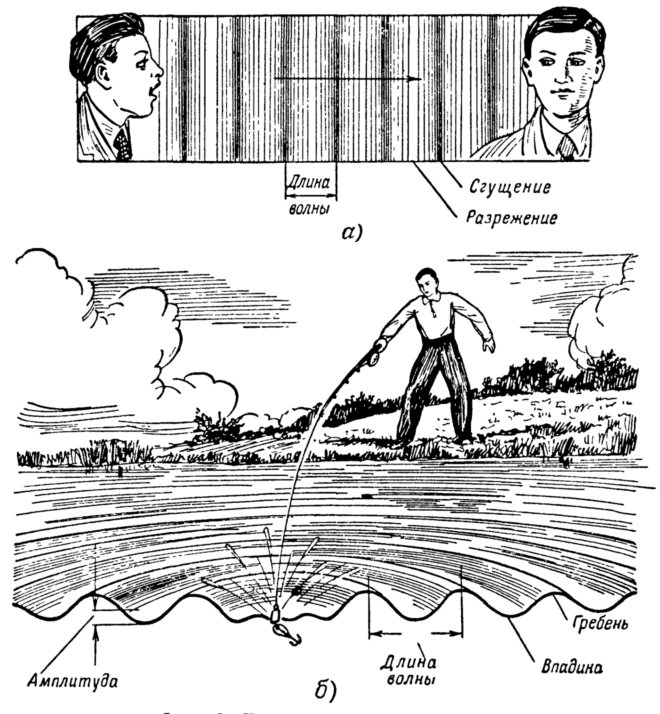
Если молоточек звонка ударит по его чашке, то мы услышим звук, но стоит зажать рукой чашку звонка — и звук прекратится. Звук слышен только тогда, когда стенки чашки звонка могут колебаться. Еще нагляднее можно проделать этот опыт со струнными инструментами. Если оттянуть струну гитары, балалайки или домбры, а затем отпустить ее, она начнет колебаться и звучать.

Слышим ли мы шелест травы или шум леса, пение птиц или журчание ручья, пронзительный вой сирены или приятные мелодии музыки — звучание всегда неразрывно связано с колебанием какого-либо тела. Звук — это волны, распространяющиеся в воздухе. Стоит поместить колеблющееся тело в безвоздушное пространство — и звук пропадает, несмотря на то, что тело продолжает колебаться. В этом легко убедиться, поместив электрический звонок под стеклянный колокол воздушного насоса и откачав воздух. Ясно видимые удары молоточка звонка об его чашку не вызовут звука. Но если впустить воздух под колокол, звук снова станет слышен.

Частицы воздуха, приведенные в движение колеблющимся телом, передают свое движение последовательно другим частицам. Отклонение колеблющегося тела, например вправо от среднего положения, вызывает сжатие воздуха справа и разрежение его слева от тела. В следующий момент времени тело начинает двигаться влево, сжимая при этом прилегающий слой воздуха слева, а справа от тела произойдет разрежение. Частицы воздуха, придя в движение, будут в точности повторять колебания, совершенные телом, и передавать их соседним частицам воздуха. В результате отдельные слои воздуха будут периодически сжиматься и разряжаться.

Еще нагляднее волны на водной поверхности. Они представляются нам как движущиеся ряды чередующихся греб-

ней и впадин. Такие волны могут быть созданы на поверхности воды, например при помощи поплавка, привязанного к нитке. Если поплавок начнет колебаться, то от него пойдут круговые волны. При этом частицы воды не движутся вместе с волной, а лишь колеблются вверх и вниз. Число



Фиг. 3. Распространение волн.
а — в воздухе; *б* — на поверхности воды.

полных колебаний частиц воды будет соответствовать числу полных колебаний поплавка. Распространение волн в воздухе и воде показано на фиг. 3.

Как видим, расстояние между отдельными гребнями или впадинами волн на воде или между двумя полосами сгущения воздушных волн в направлении распространения волны остается постоянным. Это расстояние называют длиной волны. Очевидно, что длина волны есть путь, который проходит волна за время, в течение которого совершается одно полное колебание. Это время называется периодом колеба-

ния (T). Длина волны может быть определена из соотношения

$$\lambda = cT,$$

где c — скорость распространения волны в данной среде;
T — период колебания;
λ (лямбда) — длина волны.

В свою очередь период колебания T может быть определен через значение частоты колебаний f. Последнее показывает, сколько полных колебаний совершается в 1 сек. Так как

$$f = \frac{1}{T},$$

то длина волны

$$\lambda = \frac{c}{f}.$$

Обычно скорость распространения принято выражать в сантиметрах или метрах в секунду. Так как период колебания выражают в секундах, то длина волны выражается соответственно в сантиметрах или метрах. Это относится не только к волнам на воде или в воздухе, но и к радиоволнам.

Всем известно, что «величина» волн может быть различной. Под амплитудой волны или любого другого колебательного процесса принято понимать наибольшее отклонение от среднего положения (фиг. 3).

Волны в воздухе имеют большой диапазон частот. Установлено, что человеческое ухо воспринимает звуки с частотой примерно 16—16 000 периодов в секунду. За единицу частоты принят герц (*гц*), соответствующий полному колебанию в секунду. В радиотехнике приняты и более крупные единицы частоты — килогерц (*кгц*), равный 10^3 *гц*, и мегагерц (*мггц*), равный 10^6 *гц*. Этим крайним частотам соответствуют длины звуковых волн от 21 *м* до 2,1 *см*, так как скорость распространения звука в воздухе при температуре +18° С приблизительно равна 342 *м/сек*.

Кроме звуковых колебаний, воспринимаемых человеческим ухом, существуют колебания с частотой меньше 16 *гц* (инфразвуковые) и частотой, превышающей 16 000—20 000 *гц* (ультразвуковые).

Наряду с простейшими звуковыми колебаниями могут быть и сложные. Сложные звуки характеризуются одновременным наличием колебаний с несколькими частотами. Та-

кие звуки состоят из основной частоты (наиболее низкой) и частот, кратных основной (более высоких). Последние называют гармониками основной частоты. Наличие гармоник позволяет различать голоса отдельных людей и характеризует тембр или «окраску» звука.

ЗВУКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ И ЭНЕРГИЯ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ

Как мы видели, возникновение волн характеризуется образованием последовательных сжатий и разрежений воздуха. Несомненно важное значение имеет сила сжатия, которая характеризуется давлением. В технике давление выражают в килограммах на квадратный сантиметр (*кг/см*²) — атмосферах. Звуковое давление удобнее выражать миллионными долями технической единицы давления. Единицей звукового давления является бар (1 бар = = 1/1 000 000 *кг/см*²).

Давление 1 бар испытывает плоская поверхность 1 *см*² при равномерной нагрузке в 1 дину (1 *г* = 981 дин). Звуковое давление, соответствующее средней громкости звука, равно 1—2 барам.

Звуковая волна характеризуется также силой звука, под которой понимают энергию звуковой волны, приходящейся на единицу площади. Сила звука измеряется в ваттах на квадратный сантиметр площади.

Для передачи звука на расстояние требуется затратить некоторое количество энергии, так как при этом необходимо привести в колебание частицы воздуха на всем протяжении от источника звука до места его приема. Если учесть, что размах колебаний каждой частицы воздуха невелик и измеряется миллионными долями миллиметра, то можно найти, что необходимая энергия для возникновения звука и распространения его на значительные расстояния будет невелика. Казалось бы, можно создать звуки большой громкости и распространить их на большие расстояния. В действительности это не так. Громкость звука зависит от энергии звуковой волны, и трудно создать волны с большой энергией и громкостью звука по следующим причинам:

1. Только незначительная часть энергии, затрачиваемая колеблющимся телом, превращается в звуковую энергию. Так, например, музыкальные инструменты превращают в звуковую энергию едва тысячную часть энергии, затрачиваемую на создание колебаний.

2. Звуковые волны распространяются от источника зву-

ка радиально по всем направлениям, и энергия звуковой волны по мере ее удаления от источника распределяется среди быстро возрастающего количества частиц. Следовательно, каждая новая частица, приведенная в колебательное движение, получает энергии значительно меньше, чем предыдущая.

Заметное убывание энергии звуковой волны вызывается превращением звуковой энергии в тепловую, чему способствует внутреннее трение частиц воздуха. Интересно отметить, что при звуке, слышимом на расстоянии 100 *м* от источника его, приходит в движение около 2 500 *т* воздуха.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ

Звуковая волна, распространяющаяся в воздухе, достигая поверхности барабанной перепонки нашего уха, заставляет ее колебаться. Эти колебания передаются во внутреннее ухо, где они вызывают раздражение слухового нерва, воспринимаемое нами как звук.

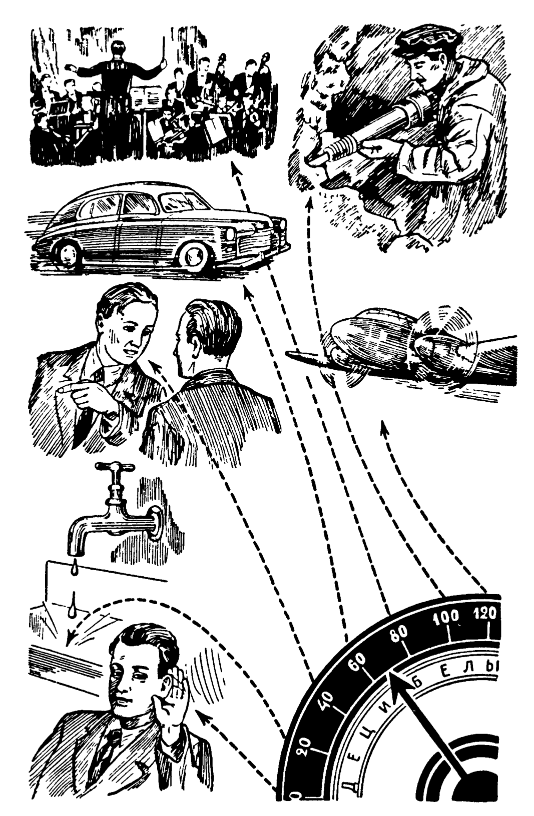
Человеческое ухо обладает способностью слышать звуки в очень большом диапазоне изменений звукового давления и разделяет их по частоте, громкости и другим их характерным особенностям.

Одной из существенных особенностей человеческого уха является то, что громкость звука (субъективное ощущение силы звука) воспринимается пропорционально не силе звука, а логарифму его изменения. Такая особенность человеческого уха позволяет ему реагировать на звуки отличающиеся друг от друга по своей силе в сотни миллионов раз. Самые слабые звуки, которые еще в состоянии воспринимать ухо, называют «порогом» слышимости. Если громкость звука еще уменьшить, то ухо перестает его ощущать. Верхним пределом громкости является болевой предел, по достижении которого ухо перестает слышать звук и ощущает боль.

Пределы слышимости изменяются в зависимости от частоты звука. Порог слышимости на частоте 1 000 *гц* соответствует звуковому давлению 0,0002 бар. На частоте 100 *гц* порог слышимости соответствует звуковому давлению приблизительно 0,02 бар. Следовательно, чувствительность уха на частоте 100 *гц* в 100 раз ниже, чем на частоте 1 000 *гц*.

На частоте 1 000 *гц* порог болевого ощущения составляет 1 000 бар, что соответствует увеличению давления по сравне-

нию с порогом слышимости в 5 млн. раз. Технически удобнее исчислять изменение давления или интенсивности звука в децибелах (*дб*). В данном случае изменение давлений от порога слышимости до болевого ощущения составляет



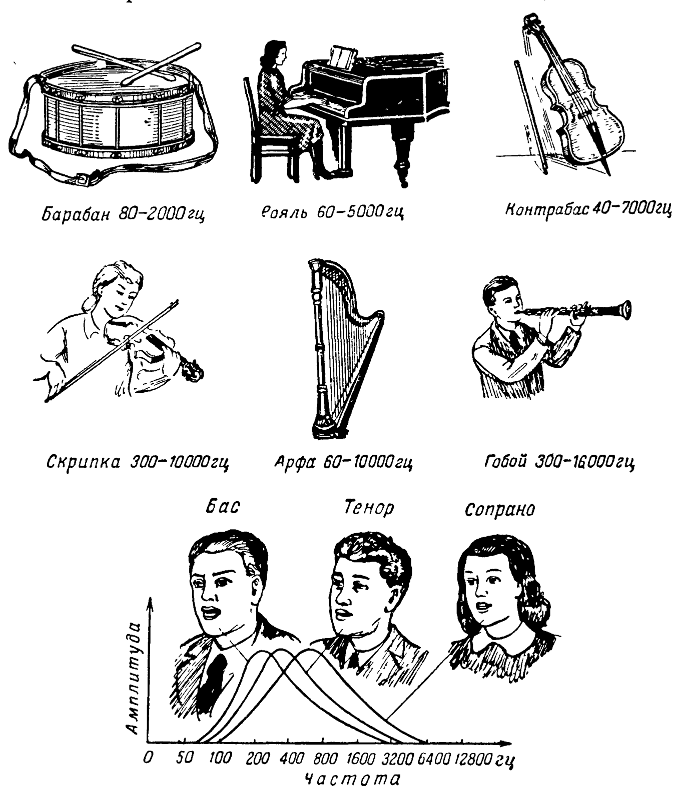
Фиг. 4. Уровни громкости звука в децибелах.

120 *дб*. Примеры различных уровней силы звука в децибелах приведены на фиг. 4.

Благодаря способности уха различать звуки по их частоте мы имеем возможность отличать друг от друга разные источники звука. Основные частоты музыкальных инструментов и человеческих голосов не выходят за пределы 40—8 000 *гц*. Однако для неискаженной передачи всех оттенков речи и особенностей звучания некоторых музыкальных инструментов и типичных голосов надо переда-

вать и гармонические частоты более высокого порядка вплоть до 16 000 *гц*. Частоты колебаний музыкальных инструментов и некоторых голосов приведены на фиг. 5.

Если при передачах по радио или телефону не обеспечивается воспроизведение всей полосы частот, свойственных



Фиг. 5. Частота колебаний музыкальных инструментов и человеческих голосов.

данному инструменту или голосу, то возникают искажения. Часто даже близкие друг другу люди, разговаривая по низкокачественному телефону, не узнают голоса собеседника.

ИСКАЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЗВУКА

При передаче звуков возможны два вида основных искажений: частотные и нелинейные.

Частотные искажения заключаются в том, что при преобразовании звуковых колебаний в электрические, усилении

последних и преобразовании их затем снова в звуковые происходит неодинаковое усиление колебаний разных частот. Некоторые из колебаний воспроизводятся лучше, другие — хуже. Если, например, в процессе преобразований высокочастотные составляющие колебания воспроизводятся хуже, чем низкочастотные, то голос женщины можно принять за мужской. Характерные для женского голоса колебания высокой частоты будут воспроизводиться плохо.

Отсутствие искажений необходимо также для того, чтобы можно было отчетливо разбирать слова. При больших частотных искажениях оказывается трудно на слух различить некоторые звуки и слова, сходные по звучанию.

Нелинейные искажения заключаются в том, что в процессе преобразования звука к нему добавляются новые частоты, ранее в нем не содержавшиеся. В результате при воспроизведении звука с резко выраженными нелинейными искажениями ясно слышится «дребезжание».

Если, например, усиливается какая-либо одна частота, то при отсутствии нелинейных искажений мы получим колебания той же частоты, но с большей амплитудой.

При наличии же искажений к колебаниям этой частоты прибавятся колебания кратных частот (удвоенной, утроенной и т. д.), т. е. второй, третьей и т. д. гармоник. Поэтому величина нелинейных искажений определяется коэффициентом гармоник, характеризующим процент содержания гармоник. Считается допустимым, если коэффициент гармоник менее 5%. При коэффициенте гармоник больше 17% звучание становится неприятным.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЗВУКА

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

В современных устройствах связи звук преобразовывают в электрические колебания, а получающиеся в результате этого токи, изменяющиеся во времени точно так же, как и соответствующие им звуки, передают по электрическим линиям или по радио. В месте приема электрические колебания преобразовываются в звуковые. Это осуществляется во всех современных телефонных устройствах, как показано на фиг. 6.

Звуковые колебания преобразуются в месте отправления в электрические при помощи микрофона. В месте приема

электрические колебания преобразовываются в звуковые при помощи телефона. Наличие микрофона и телефона в каждом пункте приема-передачи обеспечивают возможности двустороннего разговора.

Изобретение электрического телефона относится к 1876 г. В первых образцах телефонные трубки использо-



Фиг. 6. Разговор по проводному телефону.

вались и для передачи и для приема. Сказав фразу, нужно было быстро перенести телефон к уху, чтобы услышать речь своего собеседника. Чтобы разговаривающий не забывал этого сделать, около «телефонного автомата» вывешивали объявление: «не слушайте ртом и не говорите ухом».

МИКРОФОНЫ

В современной технике применяются микрофоны многих типов: угольные, конденсаторные, электродинамические, пьезоэлектрические и др.

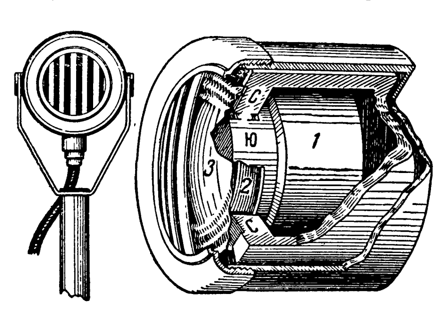
Угольные микрофоны чаще всего используются в проводной связи. Изредка применяются они и в небольших радиостудиях для местных передач по трансляционной сети.

Их действие основано на изменении величины сопротивления угольного порошка электрическому току при сжатии. Угольные микрофоны непригодны для высококачественного преобразования звука из-за присущих им искажений.

Электродинамический микрофон значительно лучше угольного. Такие микрофоны обычно используются в радио-

вещании. Общий вид и устройство электродинамического микрофона приведены на фиг. 7.

В кольцевом зазоре магнита *Ю—С* помещена катушка с обмоткой из медного или алюминиевого провода. Катушка скреплена с мембраной, которая может передвигаться вдоль оси стержня магнита. Перемещение мембраны происходит под воздействием звуковых волн. При движении катушки с намоткой в зазоре магнита происходит пересечение магнитных силовых линий проводами катушки. В результате в катушке индуктируется э. д. с., пропорциональная изменениям звуковой волны. В соответствии с изменениями частоты и силы звука меняются частота и амплитуда э. д. с. в катушке микрофона.



Фиг. 7. Внешний вид и устройство электродинамического микрофона.
1 — магнит; *2* — катушка; *3* — мембрана.

Ленточный микрофон действует почти так же, как описанный электродинамический. Вместо мембраны с катушкой между полюсами магнита расположена тонкая алюминиевая лента, в которой при ее колебаниях возбуждается э. д. с. Концы ленты соединены с выходным трансформатором для повышения получаемого напряжения.

Конденсаторный микрофон назван так потому, что по сущности своего устройства он представляет собой конденсатор, емкость которого меняется в зависимости от давления звуковой волны, воздействующей на его мембрану. Металлическая мембрана является одной из пластин конденсатора. Вторая пластина конденсатора выполняется в виде массивной металлической обкладки, около которой на расстоянии приблизительно 0,025 *мм* расположена мембрана. При колебаниях мембраны меняется зазор между пластинами конденсатора, вызывая изменения величины емкости конденсатора и падения напряжения на нем, если он включен в цепь тока.

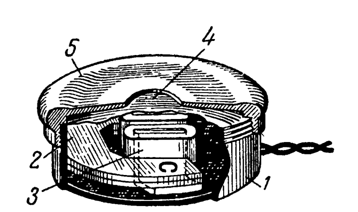
Пьезоэлектрические микрофоны используются сравнительно редко. Их действие основано на так называемых пьезоэлектрических свойствах некоторых кристаллов, например кварца, сегнетовой соли и ряда других. Эти свойства

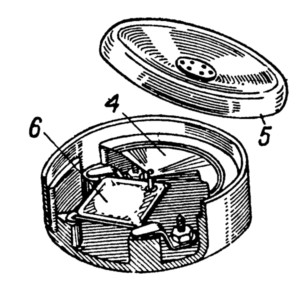
сводятся к тому, что под воздействием механического усилия (сжатия, сгибания и др.) на поверхностях пластинок, вырезанных из таких кристаллов (пьезоэлементах), возникают электрические заряды. Звуковые волны, воздействуя на пьезоэлемент, деформируют его, вследствие чего на нем возникает э. д. с. Полярность этой э. д. с. и ее амплитуда будут меняться в соответствии с изменениями звуковых волн.

Электродвижущая сила на выходе всех описанных микрофонов невелика и ее приходится усиливать. Ниже будет рассказано, как это делается.

ТЕЛЕФОНЫ И ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Наиболее широко распространены телефоны электромагнитные и пьезоэлектрические, схематическое устройство которых показано на фиг. 8. В пластмассовом корпусе электромагнитного телефона помещены кольцевые плоские магниты с наконечниками. Полюсные наконечники распо-





Фиг. 8. Головные телефоны.

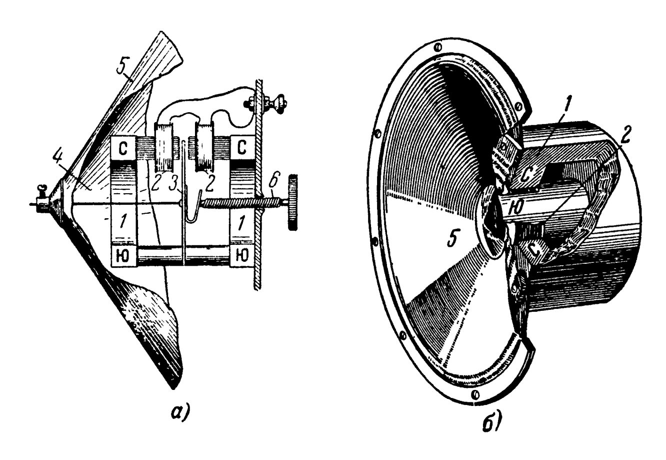
слева — электромагнитный; справа — пьезоэлектрический; 1 — корпус; 2 — кольцевые магниты; 3 — катушки; 4 — мембрана; 5 — раковина; 6 — пьезоэлемент.

ложены внутри колец друг против друга и образуют два магнитных полюса. На полюсных наконечниках насажены катушки с обмотками из тонкого изолированного медного провода. Над электромагнитом находится мембрана из мягкой стали толщиной 0,25 *мм*. Сверху корпус телефона закрывается раковиной, прикладываемой к уху.

Основной частью пьезоэлектрического телефона является пьезоэлемент, обычно квадратной формы, у которого один угол не закреплен. К этому углу приклеена конусообразная мембрана из тонкого алюминия. Пьезоэффект, о котором говорилось в предыдущем разделе, представляет собой обратимое явление: при подведении к пьезоэлементу перемен-

ного напряжения он начинает изгибаться и колеблет мембрану.

Электромагнитный громкоговоритель не так давно был самым распространенным типом громкоговорителя для трансляционной сети. Наиболее известен электромагнитный громкоговоритель типа «Рекорд», устройство которого схематически показано на фиг. 9. Механизм громкоговорителя состоит из двух постоянных подковообразных магнитов



Фиг. 9. Громкоговорители.

а — электромагнитный; *б* — электродинамический; *1* — магниты; *2* — катушки; *3* — вибратор; *4* — игла; *5* — диффузор; *6* — регулирующий винт.

Ю—С, двух катушек с сердечниками и вибратора с иглой, скрепленной с бумажным диффузором, создающим звуковые колебания.

При протекании тока через обмотки катушек вибратор колеблется между сердечниками катушек в соответствии с изменениями тока в них. Когда ток протекает по катушкам в одном направлении, например справа налево, правая катушка увеличивает силу притяжения правого сердечника, а левая катушка ослабляет силу притяжения вибратора к левому сердечнику катушки. В этом случае вибратор отклонится в сторону правого сердечника. При изменении направления тока в катушках вибратор отклонится в противоположную сторону. При отсутствии тока в катушках вибратор удерживается в среднем положении между сердечниками электромагнитов при помощи пружины.

Особенностью электромагнитных громкоговорителей является относительно небольшое потребление энергии при достаточной громкости воспроизведения.

Электродинамические громкоговорители отличаются высоким качеством воспроизведения звука. Принцип их действия аналогичен принципу действия электродинамического микрофона. При протекании тока по обмотке катушки, расположенной в зазоре магнита *Ю—С*, она начнет двигаться вдоль оси стержня магнита. Вместе с катушкой движется диффузор, создающий звуковые волны.

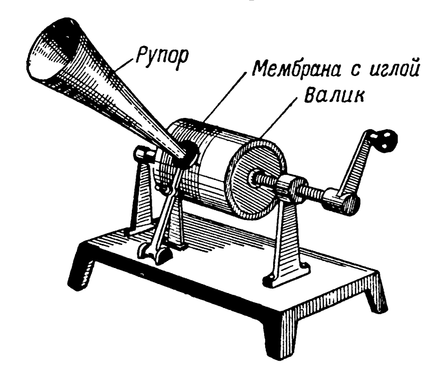
ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗВУКА

Мысль о том, что звуки можно каким-то образом записать и сохранять, возникла у людей очень давно. Один из «проектов» сохранения звука заключался в улавливании звуков в большую трубу, закрытую с обеих сторон. По мнению авторов «проекта», звук начнет выходить из трубы по мере ее открывания, что даст возможность услышать «сохраненный» звук. Не менее занятна легенда о чудесном острове на Тихом океане. На этом острове будто бы росли губки, впитывающие звуки. Если «наговорить» в такую губку и переслать ее, то «адресат», медленно выжимая губку, слышал голос «отправителя». Звуки текли из губки, как вода... Очевидно, что все такие «проекты»-легенды были основаны на незнании природы звука.

В 1877 г. американским изобретателем Эдисоном был построен первый звукозаписывающий аппарат — фонограф. Запись велась на поверхности вращающегося цилиндра (валика), покрытого слоем воска. На поверхности цилиндра наносились по спирали бороздки, глубины которых отображали записанный звук. Эти звуки могли быть по мере надобности воспроизведены. По существу этот принцип механической записи и воспроизведения звука сохранился до сих пор. Изменились только материалы и конструкции устройств.

Сущность механической записи и воспроизведения звука иллюстрируется фиг. 10. Записываемые звуки улавливаются рупором, в горловине которого укреплена мембрана. При помощи рычажной передачи колебания мембраны передаются резцу, который вырезает на движущемся звуконосителе (валике, ленте, пластинке и т. п.) бороздки. Для воспроизведения записи можно воспользоваться таким же устройством, заменив резец иглой. Игла будет скользить

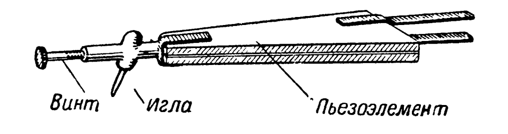
по бороздке, вызывая колебания мембраны, и из рупора будут слышны звуки. Разумеется, движение звуконосителя при записи и воспроизведении должно происходить с одинаковой скоростью, чтобы не вызвать искажений.

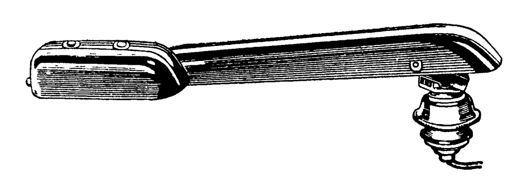


Фиг. 10. Устройство фонографа.

При записи звука современными способами записываемые звуки сначала преобразовываются микрофоном в электрический ток, который усиливается затем ламповым усилителем и воздействует на пишущее устройство.

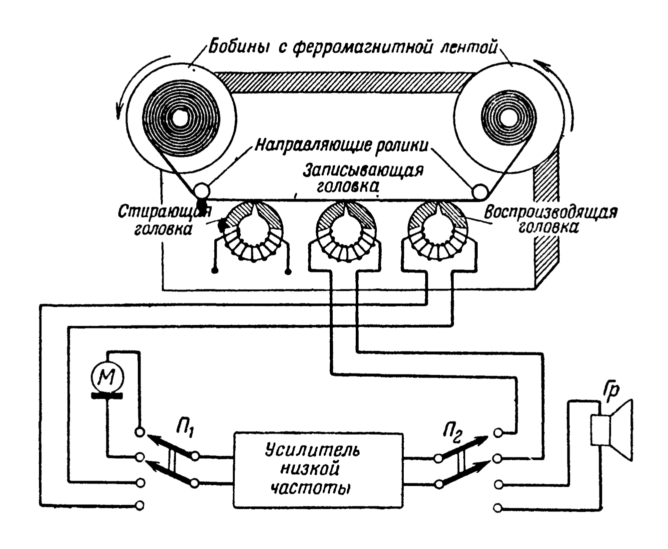
Для преобразования механических колебаний иглы, скользящей по звуковой бороздке граммофонной пластинки, в электрические колебания для воспроизведения записи используются различные типы звукоснимателей. Наиболее широко распространен в настоящее время пьезоэлектрический звукосниматель (фиг. 11).

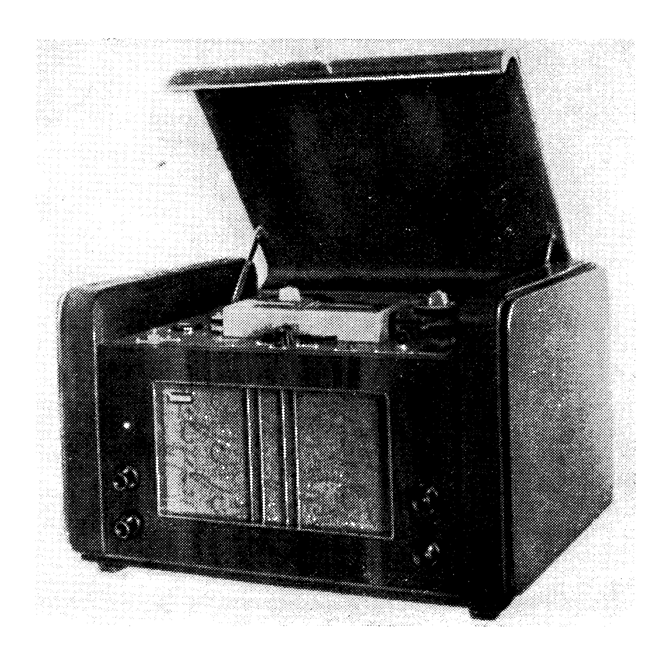




Фиг. 11. Пьезоэлектрический звукосниматель.

Основной частью звукоснимателя является пьезоэлемент трапецоидальной или прямоугольной формы, закрепленный одним концом. На его свободном конце находится иглодержатель, в котором зажимается игла. При проигрывании пластинок игла движется по звуковой бороздке, отклоняется





Фиг. 12. Схема магнитной записи и воспроизведения звука.
М — микрофон; *Гр* — громкоговоритель; $П_1$ и $П_2$ — переключатели рода работы.

ее извилинами и изгибает (скручивает) пьезоэлемент, на котором вследствие этого возбуждаются электрические заряды. Напряжение, снимаемое с пьезоэлемента, после усиления поступает в громкоговоритель.

Упрощенная схема осуществления магнитной записи и воспроизведения звука приведена на фиг. 12. Приемником звука служит микрофон. Электрические колебания, возбуждаемые микрофоном, усиливаются и поступают в записывающую головку — кольцевой электромагнит с небольшим зазором. В соответствии со звуковыми колебаниями изменяется магнитное поле в зазоре головки, в результате чего изменяется степень намагничивания звукоснимателя, который движется мимо электромагнита с постоянной скоростью. В качестве звуконосителя используются магнитные материалы. В современных приборах для магнитной записи применяется лента, на поверхности которой нанесен тонкий слой магнитного материала, обычно закиси или окиси железа. Ширина ленты порядка 5—7 *мм*, а толщина ее приблизительно 0,1 *мм*. Звукосниматель с магнитной записью может сохраняться в течение длительного времени. Запись можно воспроизводить сколько угодно раз.

Для воспроизведения магнитной записи лента звуконосителя протягивается мотором мимо воспроизводящей головки такой же конструкции, как и записывающая головка. Вследствие различной степени намагничивания ленты в катушке головки будет индуктироваться э. д. с. Индуктированная э. д. с. усиливается и преобразуется в звуковые колебания.

При необходимости можно «стирать» записанное на пленку. Для этого надо размагнитить звуконоситель. Это осуществляется при помощи стирающей головки, которая по своему действию подобна записывающей головке и отличается тем, что по ее обмотке пропускается переменный ток высокой частоты.

Магнитная запись звука характеризуется высоким качеством звучания, возможностью многократного (тысячи раз) воспроизведения записи без ухудшения ее качества и возможностью использования звуконосителя для повторной записи путем стирания предыдущей.

Промышленностью выпускаются магнитофоны различных типов. Одним из магнитофонов, предназначенных для индивидуального пользования, является магнитофон типа «Днепр».

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Почти во всех современных радиоаппаратах применяются электронные лампы.

Развитие радиотехники неразрывно связано с совершенствованием электронных ламп. У нас начало практическому изготовлению электронных ламп положил наш виднейший радиоспециалист М. А. Бонч-Бруевич. В 1915 г. он изготовил первые приемные радиолампы. Несколько позже он же разработал оригинальные мощные генераторные лампы с водяным охлаждением.

Современные высококачественные радиоприемники содержат в некоторых случаях более десяти ламп. В электронных счетных машинах число ламп доходит иногда до нескольких тысяч.

Фиг. 13. Внешний вид электронных ламп.

Электронные лампы часто называют радиолампами. Название «лампа» не соответствует ни внешнему виду, ни назначению электронных ламп. Происхождение этого названия связано с тем, что первые образцы электронных ламп имели прозрачный стеклянный баллон и накаливаемую добела нить, благодаря чему создавалось сходство с осветительной лампой. Современные электронные лампы (фиг. 13) совсем не похожи на осветительные.

Еще в начале нашего века многочисленными опытами было доказано, что электрическая проводимость определяется потоком электронов, движущихся в определенном направлении. Процессы, происходящие в электронных лампах, тоже обусловлены электронными потоками.

Вещество имеет атомное строение. Структура атома довольно сложна. По современным представлениям в центре атома находится ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома. В состав ядра входят протоны и нейтроны. Исключением является ядро водорода, состоящее из одного протона.

Ядро атома обладает положительным электрическим зарядом, зависящим от числа протонов. Каждый протон

имеет положительный электрический заряд $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *к* (кулон). Нейтрон электрически нейтрален, т. е. не обладает электрическим зарядом.

Вокруг ядра подобно планетам обращаются мельчайшие частицы — электроны, каждый из которых обладает отрицательным электрическим зарядом $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *к*. Число электронов, окружающих ядро атома, равно числу протонов, имеющихся в ядре. Поэтому атом в целом электрически нейтрален. Электроны образуют вокруг ядра «оболочки». В зависимости от числа электронов у атома могут быть одна или несколько электронных оболочек.

При определенных условиях атом может потерять один или несколько электронов, становясь при этом заряженным положительно. В некоторых случаях возможно захватывание атомом некоторых «сверхкомплектных» электронов. Тогда он становится заряженным отрицательно. Такие атомы называют ионами. В зависимости от электрического заряда могут быть положительные и отрицательные ионы. Потеря атомом электронов или захват лишних электронов называются ионизацией.

Ионизация атомов в электронных приборах чаще всего происходит в результате столкновения с электронами, имеющими большую скорость движения. Явление ионизации молекул газа используется в некоторых электровакуумных приборах, носящих название ионных. Ионизация газа часто сопровождается свечением.

В электронных лампах ионизация вредна. Поэтому воздух из них откачивается.

Для работы электронных ламп нужны потоки электронов. Эти электроны берутся из металлических нитей накала. В металлах имеется множество электронов, свободно движущихся между атомами. Такие электроны называются свободными. Скорость беспорядочного, хаотического движения свободных электронов внутри проводника зависит от его температуры. С увеличением температуры скорость повышается.

В нормальных условиях, когда скорость движения свободных электронов внутри проводника невелика, они не могут вылететь в окружающее пространство. Для этого им необходимо иметь достаточный запас энергии, чтобы преодолеть силы отталкивания, действующие в поверхностном слое. Этот слой представляет собой своего рода электронную оболочку, имеющую отрицательный заряд. Одновременно с отталкивающим действием этой оболочки электроны

испытывают притяжение со стороны положительных ионов, находящихся внутри металла.

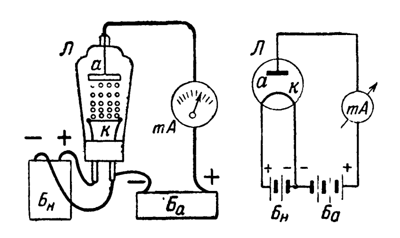
Энергия, необходимая электрону для вылета из проводника, называется работой вылета. Для изготовления нитей накала ламп используются такие металлы, у которых работа выхода имеет наименьшее значение. К ним относятся: цезий, барий, кальций, торий и некоторые другие.

При нагревании металла увеличивается скорость движения свободных электронов; их энергия увеличивается и они могут вылететь во внешнее пространство. Излучение проводником электронов называется эмиссией. Если эмиссия электронов достигнута путем нагревания проводника, то ее называют термоэлектронной эмиссией. Фактически в электронных лампах эмиссия получается именно в результате нагревания металлических нитей, носящих название катодов.

ДВУХЭЛЕКТРОДНЫЕ ЛАМПЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Включение двухэлектродной лампы (диода) простейшей конструкции показано на фиг. 14.

Эмиссия электронов возникнет только при достаточном накаливании металлической нити — катода. Накаливание осуществляется током батареи накала $Б_н$. Если при этом анодная батарея $Б_а$ будет присоединена плюсом к аноду, а минусом — к катоду, то вылетающие из катода электроны будут притягиваться к аноду и в анодной цепи возникает ток. Если же анод будет присоединен к минусу батареи $Б_а$, то электроны не будут притягиваться к аноду и ток в анодной цепи не возникнет.



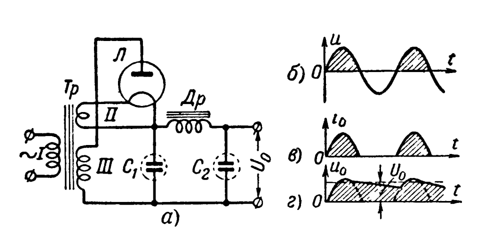
Фиг. 14. Включение двухэлектродной лампы.

Л — лампа (*а* — анод; *к* — катод); $Б_н$ — батарея накала; $Б_а$ — анодная батарея; *mA* — миллиамперметр.

Катод, непосредственно нагреваемый электрическим током, не является единственно возможным. В современных электронных лампах очень часто применяются катоды с косвенным нагревом. В таких катодах нить, накаливаемая электрическим током, находится внутри изолированного теплостойкого цилиндра, покрытого снаружи слоем вещества с малой работой вылета электронов. По мере разогре-

вания нити катод подогревается до температуры, при которой с его поверхности начинают излучаться электроны. Время прогрева катода колеблется от 15 до 40 сек. Подобные катоды называются подогревными. Напряжение накала ламп в большинстве случаев бывает от 1 до 6,3 *в*.

Форма анода лампы делается такой, чтобы полностью охватить катод. При этом наилучшим образом используется весь электронный поток. Материал анодов должен быть тугоплавким. Чаще всего аноды делают из тантала, вольфрама, никеля или молибдена. Двухэлектродные лампы широко применяются для выпрямления переменного тока. Служащие для этого двухэлектродные лампы называют кенотронами.



Фиг. 15. Схема однополупериодного кенотронного выпрямителя.

Для выпрямления переменного тока используют свойство кенотронов пропускать ток только в одном направлении.

Получающийся после выпрямления пульсирующий ток непригоден для использования в большинстве радиотехнических устройств. Пульсации надо сгладить, что осуществляется при помощи сглаживающего фильтра. Схема простейшего (однополупериодного) выпрямителя со сглаживающим фильтром приведена на фиг. 15,*а*.

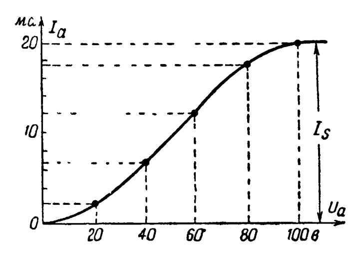
Трансформатор *Тр* имеет несколько отдельных обмоток на общем стальном сердечнике: первичную обмотку *I* — для включения в сеть переменного тока, вторичную обмотку *II* низкого напряжения — для питания нити накала кенотрона *Л* и вторичную обмотку *III* высокого напряжения — для выпрямления переменного тока.

Как показано на фиг. 15,*б*, напряжение переменного тока u меняется с определенной частотой, равной в наших осветительных сетях 50 периодам в секунду (50 *гц*). Так как кенотрон пропускает ток в одном направлении в те моменты, когда анод положителен, выпрямленный ток I_a, изменяется с течением времени по графику фиг. 15,*в*, если на выходе выпрямителя нет сглаживающего фильтра. Такой ток называется пульсирующим. Выпрямленный ток сглаживается при помощи фильтра, состоящего из конденса-

торов C_1 и C_2 и дросселя низкой частоты *Др.* В результате на выходе выпрямителя после фильтра получается почти постоянное напряжение U_0 (фиг. 15,*г*).

Существует много схем выпрямителей. Например, часто применяют более сложные схемы с двуханодными кенотронами.

Для правильного использования кенотронов и расчета деталей схемы надо знать количественное соотношение между анодным током и анодным напряжением при неизменном напряжении накала. Графическое изображение зависимости между анодным током и анодным напряжением называют характеристикой. Типовая характеристика двухэлектродной лампы с непосредственным накалом показана на фиг. 16.



Фиг. 16. Характеристика двухэлектродной лампы (диода).

Из этой характеристики видно, что по мере повышения анодного напряжения U_a анодный ток I_a увеличивается. Это объясняется тем, что по мере повышения анодного напряжения все большее количество электронов притягивается к аноду. При некотором напряжении на аноде ток достигает насыщения I_s и дальнейшее повышение анодного напряжения уже не увеличивает анодного тока, потому что все выделяемые катодом электроны полностью притягиваются анодом.

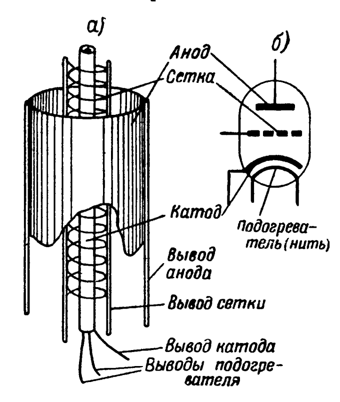
ТРЕХЭЛЕКТРОДНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Трехэлектродная электронная лампа (триод) отличается от диода тем, что в ней имеется, кроме катода и анода, третий электрод, называемый управляющей сеткой.

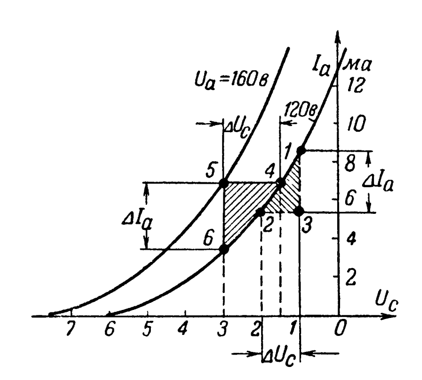
Управляющая сетка располагается между катодом и анодом. Он чаще всего выполняется в виде металлической цилиндрической или эллиптической спирали, окружающей катод. Устройство триода с подогревным катодом показано на фиг. 17.

Действие сетки сводится к управлению анодным током лампы. Если сетка лампы относительно ее катода заряжена отрицательно, то анодный ток уменьшается. Если сетку зарядить положительно, то анодный ток увеличится. Такое

действие сетки объясняется тем, что она расположена вблизи катода и при движении электронов от катода к аноду тормозит их или ускоряет. При положительном потенциале сетки относительно катода движение электронов ускоряется, при отрицательном — тормозится. При большом отрицательном потенциале сетки анодный ток совсем прекращается. В этом случае говорят, что «лампа заперта». Напряжение, приложенное между катодом и сеткой, называется напряжением сеточного смещения.



Фиг. 17. Устройство и схематическое изображение трехэлектродной лампы (триода).



Фиг. 18. Сеточные характеристики триода.

Анодный ток лампы зависит не только от потенциала управляющей сетки, но также и от анодного напряжения. Чтобы можно было определить количественные зависимости анодного тока от потенциалов управляющей сетки и анода, используют сеточные характеристики, приведенные на фиг. 18. Из последних можно также определить основные величины (показатели), определяющие качество и свойства триода: крутизну характеристики, коэффициент усиления и внутреннее сопротивление.

Крутизна характеристики лампы S показывает, на сколько миллиампер изменяется анодный ток при изменении напряжения на сетке на 1 *в*. Для лампы с характеристикой, показанной на фиг. 18, по заштрихованному треугольнику (*1—2—3*) можно определить крутизну характеристики:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} = \frac{8{,}6 - 5{,}4}{1} = 3{,}2 \ ма/в.$$

Коэффициент усиления лампы μ показывает, во сколько раз изменение напряжения на сетке сильнее сказывается на величине анодного потока, чем изменение анодного напряжения. Из характеристики фиг. 18 можно найти, что для изменения анодного тока на $\Delta I_a = 3{,}4$ *ма* (см. треугольник *4—5—6*) пришлось изменить напряжение на сетке на $\Delta U_c = 1{,}4$ *в*. Для получения того же изменения анодного тока при постоянном напряжении на сетке пришлось бы изменить анодное напряжение на $160 - 120 = 40$ *в*. Таким образом, изменение напряжения на сетке действует сильнее изменения напряжения на аноде в

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c} = \frac{40}{1{,}4} = 28{,}5 \text{ раза},$$

Фиг. 19. Простейшая схема усилителя низкой частоты.

т. е. коэффициент усиления лампы в заданных условиях работы равен 28,5.

Внутреннее сопротивление R_i показывает величину сопротивления лампы переменному току и определяется из отношения

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{40}{3{,}4} \cdot 10^3 \approx 11\,800 \text{ ом}.$$

Приведенные основные показатели триода необходимы для расчетов радиотехнических устройств.

Основным назначением триода является усиление слабых напряжений переменного тока. Простейшая схема усиления низкочастотных колебаний приведена на фиг. 19. Микрофон *М* улавливает звуковые волны и преобразует их в электрические колебания. Эти колебания подводятся к первичной обмотке входного трансформатора *Тр*. Трансформатор *Тр* — повышающий; он увеличивает напряжение, полученное от микрофона. Переменное напряжение от вторичной обмотки трансформатора подводится к сетке и катоду лампы.

В соответствии с изменениями напряжения на сетке изменяется и величина анодного тока лампы, т. е. в ее анодной цепи возникает переменный ток, в точности повторяющий все изменения тока микрофона, но значительно больший по амплитуде. Этот ток и приводит в действие громкоговоритель *Гр*.

МНОГОЭЛЕКТРОДНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

По мере развития радиотехники выявилось, что трехэлектродные лампы не всегда оказываются удовлетворительными. Особенно сильно сказываются недостатки триодов при усилении колебаний очень высоких частот. Постепенное совершенствование триодов привело к созданию более сложных электронных ламп со многими электродами.

Одной из простых многоэлектродных ламп является тетрод, у которого между управляющей сеткой и анодом имеется вторая сетка — экранная. Обычно на экранную сетку подается положительное напряжение постоянного тока, примерно равное $^1/_2$—$^3/_4$ величины анодного напряжения.

Экранная сетка служит для уменьшения емкости между управляющей сеткой и анодом, которая ограничивает возможности использования лампы для усиления высоких частот. Благодаря этому тетроды пригодны для усиления колебаний значительно более высоких частот, чем триоды.

Недостатком тетродов является возникновение динатронного эффекта, заключающегося в следующем. Электроны, ударяясь с большой силой об анод, выбивают с его поверхности вторичные электроны. Последние притягиваются положительно заряженной экранной сеткой и образуют ток, направленный навстречу току, текущему через лампу. В результате анодный ток лампы уменьшается.

Для устранения динатронного эффекта между экранной сеткой и анодом помещают еще одну сетку — защитную, которую иногда называют антидинатронной или пентодной. Лампа с третьей сеткой называется пентодом. Защитная сетка чаще всего соединяется с катодом внутри лампы, поэтому она имеет относительно анода отрицательный потенциал и отталкивает выбитые из анода вторичные электроны обратно к аноду.

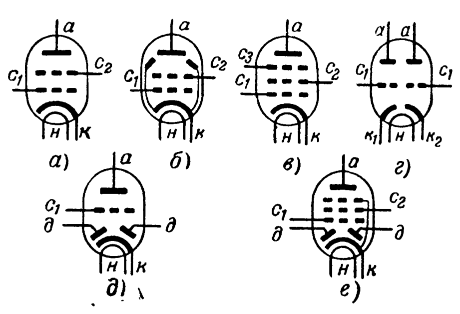
Введение защитной сетки позволяет еще больше повысить коэффициент усиления лампы.

Динатронный эффект в тетроде можно устранить и специальной конструкцией электродов. Такие тетроды называются лучевыми. Они применяются для усиления мощных колебаний низкой частоты.

Кроме описанных многоэлектродных ламп, есть большое число разнообразных ламп других типов. Многие из них являются комбинированными, представляя собой сочетание ламп нескольких типов в одном баллоне: двойные диоды,

двойные триоды, двойные диод-триоды, диод-пентоды и др. Каждая отдельная часть комбинированной лампы действует как самостоятельная лампа.

Схематические изображения пентода, лучевого тетрода и некоторых комбинированных ламп приведены на фиг. 20.



Фиг. 20. Схематические изображения сложных и комбинированных ламп.

а — тетрод; *б* — лучевой тетрод; *в* — пентод; *г* — двойной триод; *д* — двойной диод-триод; *е* — двойной диод-пентод; *н* — нить накала; *к* — катод; *а* — анод; C_1 — управляющая сетка; C_2 — экранная сетка; C_3 — защитная сетка; *д* — анод диода.

Перечисленные лампы не охватывают всего большого разнообразия их типов и конструкций. В зависимости от назначения лампам придаются те или иные конструктивные особенности. Так, например, лампы, предназначенные для генерирования токов высокой частоты (генераторные), отличаются от приемно - усилительных ламп. Также отличаются от обычных ламп те, которые используются для различных специальных целей.

Мы привели в качестве примера только два простейших случая использования электронных ламп: выпрямление тока и усиление напряжения низкой частоты. Некоторые другие применения ламп будут коротко описаны ниже.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И РАДИОВОЛНЫ

ЭЛЕМЕНТЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Каждый радиоаппарат, будь то приемник, усилитель, телевизор или магнитофон, состоит из большого числа разнообразных деталей. Знакомство с ними, хотя бы краткое, необходимо для того, чтобы составить себе представление о том, как работают эти аппараты.

Электрический конденсатор обладает способностью запасать электрическую энергию при заряде и отдавать запасенную энергию при разряде. Конденсатор состоит из двух электродов (металлических пластин), разделенных изолятором (диэлектриком). Если к электродам конденса-

тора присоединить аккумулятор или любой другой источник постоянного тока, то на электродах будут накапливаться электрические заряды, между электродами появится электрическое поле, а на зажимах электродов возникнет разность потенциалов. Накапливание зарядов на электродах и возрастание разности потенциалов между ними будет продолжаться до тех пор, пока будет происходить заряд конденсатора. Окончание заряда конденсатора произойдет тогда, когда напряжение на конденсаторе станет равным напряжению аккумулятора. По мере заряда конденсатора ток, идущий на его заряд, уменьшается, а к концу заряда прекращается совсем.

Напряжение, до которого конденсатор может заряжаться, определяется электрической прочностью изолятора. При заряде конденсатора до напряжения выше допустимого произойдет электрический пробой изоляции и конденсатор замкнется накоротко. Этим и объясняется, что для конденсаторов каждого типа существует определенное допустимое рабочее напряжение.

Величина заряда, который может накопить конденсатор, зависит от размеров его пластин и диэлектрической проницаемости находящегося между ними изолятора. Величина диэлектрической проницаемости зависит от свойств используемого изолятора. Например, диэлектрическая проницаемость воздуха равна единице, а у слюды $4 \div 6$. Очевидно, чем больше диэлектрическая проницаемость изолятора, тем меньше будут геометрические размеры конденсатора при одной и той же его емкости. При заданной же емкости и одном и том же виде изолятора геометрические размеры будут бо́льшими у того конденсатора, у которого будет выше рабочее напряжение.

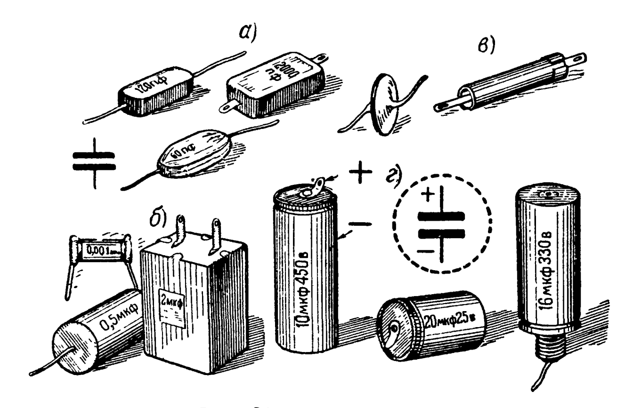
Когда емкость конденсатора невелика, ее выражают обычно в пикофарадах (*пф*). При больших значениях величины емкости ее выражают в более крупных единицах: микрофарадах (*мкф*) и фарадах (*ф*). Между приведенными единицами емкости существуют следующие зависимости: 1 *ф* = 10^6 *мкф* = 10^{12} *пф*.

В радиотехнике применяются различные типы конденсаторов. Некоторые из них показаны на фиг. 21.

По роду изолятора конденсаторы подразделяются на бумажные, слюдяные, керамические, воздушные и электролитические. Электролитические конденсаторы обычных типов могут быть включены только в цепи постоянного тока в соответствии с обозначением полярности (плюс — к централь-

ному выводу, минус — к корпусу). Такое включение электрических конденсаторов связано с тем, что при неправильной полярности подводимого к конденсатору напряжения происходит электрическое замыкание электродов конденсатора через электролит.

Конденсаторы постоянной емкости применяются там, где в процессе работы емкость конденсатора не должна изменяться. Там же, где емкость нужно изменять, приме-



Фиг. 21. Конденсаторы.
а — слюдяные; *б* — бумажные; *в* — керамические; *г* — электролитические.

няются конденсаторы переменной емкости. Часто конденсаторы переменной емкости соединяются в агрегаты (сдвоенные или строенные).

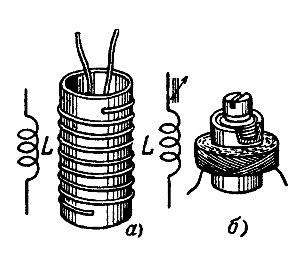
При включении конденсатора в цепь переменного тока имеют место его попеременные заряд и разряд. За полный период изменения переменного тока произойдет один перезаряд конденсатора. При работе конденсатора в цепи переменного тока перезаряд его будет происходить с частотой изменения тока в цепи. В результате в цепи будет протекать переменный ток.

Весьма большую роль в радиоустройствах играют катушки индуктивности.

Любой провод, по которому протекает электрический ток, обладает индуктивностью, так как при протекании тока вокруг провода образуется магнитное поле. Однако индуктивность прямого провода мала. Если же взять провод и свернуть его в спираль, то при пропускании через нее тока магнитные силовые линии каждого витка будут пересекать

остальные витки и явление индуктивности будет сказываться сильнее.

Если в цепь тока включена катушка индуктивности, то при увеличении подводимой э. д. с. в этой цепи не происходит мгновенного увеличения тока, а при уменьшении э. д. с. ток не уменьшается мгновенно. Индуктивность «тормозит» изменение тока в цепи. Это объясняется тем, что при изменении тока в катушке индуктивности происходит изменение магнитного поля вокруг катушки, вследствие чего в проводниках катушки индуктируется э. д. с. самоиндукции такой полярности, которая создает ток, препятствующий первоначальному изменению тока. Чем больше будет изменение магнитного поля при одной и той же скорости изменения тока в проводе, тем больше будет э. д. с. самоиндукции.



Фиг. 22. Катушки индуктивности.

а — однослойная; *б* — многослойная с сердечником из магнитодиэлектрика.

Индуктивность изменяется в единицах, называемых генри (*гн*), тысячных долях генри — миллигенри (*мгн*) и миллионных долях генри — микрогенри (*мкгн*).

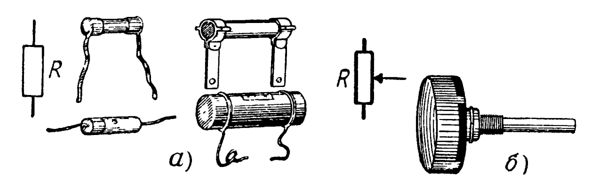
Для увеличения индуктивности катушек можно воспользоваться двумя способами: увеличить число витков или применить магнитные сердечники. Увеличение числа витков оказывается не всегда возможным по конструктивным соображениям. Часто оно нецелесообразно и с точки зрения работы устройства (увеличиваются емкость катушки и ее сопротивление). Применение сердечников с большой магнитной проницаемостью приводит к усилению магнитного поля катушки и увеличению индуктивности. В радиотехнике используются оба эти способа увеличения индуктивности.

Некоторые типы катушек индуктивности, применяемых в радиотехнике, показаны на фиг. 22. Величина индуктивности катушки, приведенной на фиг. 22,*а*, не изменяется в процессе работы устройства. Число витков катушки остается постоянным. В катушке на фиг. 22,*б* индуктивность можно менять, ввертывая или вывертывая сердечник. Для плавного изменения индуктивности в процессе работы устройства иногда используется вариометр. В нем одна катушка индуктивности неподвижна, а вторая вращается. В том положении подвижной катушки, когда магнитные поля обеих катушек складываются, получается максималь-

ная индуктивность, а в положении, когда магнитные поля катушек вычитаются, — наименьшая индуктивность. Во всех промежуточных положениях подвижной катушки вариометра будут получаться промежуточные значения индуктивности.

При протекании через катушку постоянного тока, т. е. такого тока, у которого направление и величина неизменны, индуктивность сказываться не будет.

Показанные на фиг. 22 катушки индуктивности применяются в цепях тока высокой частоты. Их индуктивность



Фиг. 23. Сопротивления.
а — постоянные; *б* — переменное.

измеряется в миллигенри или микрогенри. Наряду с такими катушками применяются также и другие, у которых индуктивности измеряются в единицах и десятках генри. Их часто называют дросселями низкой частоты. Они используются в цепях тока низкой частоты.

Кроме одинарных катушек, применяются также трансформаторы низкой и высокой частот, различающиеся в основном числом витков. В обоих типах трансформаторов имеется несколько обмоток, связанных общим магнитным полем.

Весьма широко используются в радиотехнике активные сопротивления. Их назначение — оказывать электрическое сопротивление току, причем их емкость и индуктивность должны быть минимальными. В этих сопротивлениях происходит полное преобразование электрической энергии в тепловую. Их размеры определяются величиной той мощности, которая может в них выделяться без заметного перегревания. Поэтому при подборе сопротивления надо обращать внимание как на величину его электрического сопротивления, так и на величину мощности, которая может в нем рассеяться.

Активные сопротивления бывают двух родов: проволочные и непроволочные. Проволочные сопротивления изготовляются из материалов, обладающих большим удельным

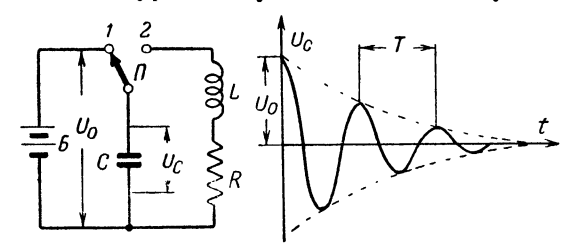
сопротивлением. Обычно для этих целей используются специальные сплавы: константан, манганин, нихром и др. Непроволочные сопротивления изготовляются из различных масс, обладающих большим сопротивлением.

Сопротивления могут быть постоянными и переменными. Переменным сопротивлением называется такое, величину которого можно в определенных пределах изменять.

Сопротивления различных типов показаны на фиг. 23.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

Колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Так как обмотка катушки состоит из провода, имеющего сопротивление, то при рассмотрении процессов в контуре следует обязательно учитывать это



Фиг. 24. Колебательный контур и график затухающих колебаний в нем.

сопротивление. При некоторых условиях в простейшем контуре могут быть созданы колебания электрического тока с определенной амплитудой и частотой колебаний. Простейший контур, состоящий из конденсатора C и катушки L с активным сопротивлением R, показан на фиг. 24.

Если переключатель $П$ находится в положении *1*, то конденсатор заряжается от батареи $Б$, так что U_C станет равным U_0. При этом в конденсаторе накопится электрическая энергия. В положении *2* переключателя начнется разряд конденсатора через индуктивность L и сопротивление R. По мере разряда конденсатора напряжение на нем будет снижаться. Первоначально накопленная конденсатором энергия будет расходоваться на необратимые потери в сопротивлении R (на нагревание) и накопление энергии магнитного поля в катушке индуктивности L. Когда конденсатор полностью разрядится, напряжение на нем станет равным нулю и вся энергия будет сосредоточена в магнитном поле катушки. Под воздействием этой энергии возник-

нет ток заряда конденсатора, в результате чего начнется «перекачивание» энергии магнитного поля в энергию электрического поля конденсатора. По мере заряда конденсатора будет возрастать напряжение на нем. При этом напряжение на конденсаторе будет противоположной полярности по отношению к первоначальной.

После того как энергия магнитного поля израсходуется и заряд конденсатора прекратится, начнется повторный разряд конденсатора.

Перезаряд конденсатора будет продолжаться до тех пор, пока первоначально накопленная конденсатором энергия полностью не израсходуется на необратимые потери в сопротивлении R; с другими видами потерь в контуре можно не считаться, полагая, что все потери сосредоточены в сопротивлении R.

Каждый раз при перезаряде конденсатора некоторая часть энергии расходуется на нагревание сопротивления R и амплитуда колебаний будет уменьшаться. Такие колебания называют затухающими. Если бы потери в сопротивлении R отсутствовали, то амплитуда колебаний не уменьшалась бы и колебательный процесс в контуре длился бы неограниченно долго. Практически же из-за потери энергии в сопротивлении R процесс быстро затухнет. Разумеется, с уменьшением величины сопротивления будут уменьшаться потери энергии и процесс будет происходить с меньшим затуханием колебаний.

Чтобы при помощи контура получить незатухающие колебания тока, надо компенсировать происходящие в нем потери энергии. Обычно это достигается тем, что в контур все время добавляется некоторая часть энергии электрического тока, отбираемая от источников питания. Такая компенсация энергии осуществляется при помощи электронных ламп (см. ниже).

При рассмотрении процессов перезаряда конденсатора мы обращали внимание только на амплитуду колебания тока или напряжения. Но при этом было ясно, что процесс перезаряда происходит с какой-то определенной периодичностью (периодом T). Как зависит период повторения процесса от емкости C и индуктивности L? Очевидно, чем больше будет емкость конденсатора или индуктивность катушки контура, тем большее время понадобится для заряда и разряда конденсатора. Таким образом, период повторения перезаряда конденсатора будет зависеть от величин L и C.

Изменением величины индуктивности L или емкости C можно менять частоту колебаний тока или напряжения в контуре. Обычно настройку контура на ту или иную частоту осуществляют при помощи конденсатора переменной емкости, реже — при помощи переменной индуктивности.

РЕЗОНАНС

В радиотехнических устройствах широко используется явление резонанса. Это явление встречается и во многих других устройствах, например механических или акустических. В зависимости от того, где это явление наблюдается, различают акустический, механический или электрический резонанс.

Термин резонанс произошел от латинского слова «резонаре», что значит «отзываться», «повторять».

Кто в детстве не качался на качелях? Все знают, что небольшими толчками, повторяемыми с определенным ритмом в такт колебаниям качелей, можно их раскачать очень сильно. Однако стоит раскачивать их не в такт, как они остановятся.

Когда войска проходят по мосту, то подается команда: «Сбить ногу», т. е. не идти всей колонне в ногу. Это делается для того, чтобы избежать возможности механического резонанса, при котором мост может развалиться (такие случаи были). Механический резонанс можно наблюдать во многих случаях. Особенно интересны опыты по разонансу с камертонами. Если выбрать два одинаковых камертона, которые могут звучать с одинаковой частотой, то, ударив по одному из них и потом заглушив его, можно обнаружить, что начал звучать второй камертон. Таких примеров можно привести много. Нас особенно интересует электрический резонанс, который весьма широко используется в радиотехнике. Любой приемник настраивается в резонанс с принимаемыми электрическими колебаниями, излучаемыми радиостанцией. Если надо принять другую радиостанцию, то приходится изменять настройку приемника.

Явление резонанса весьма наглядно проявляется в колебательных контурах. Стоит подвести к колебательному контуру переменное напряжение и начать изменять величину емкости или индуктивности контура, как при помощи измерительных приборов можно будет заметить резкое возрастание амплитуды колебаний в контуре в том случае, когда частота колебаний подводимого напряжения совпа-

дает с частотой «собственных» колебаний контура. В таких случаях принято говорить, что контур настроен в резонанс. Отношение амплитуды колебаний в контуре при резонансе к амплитуде колебаний при его отсутствии зависит от добротности контура, характеризуемой относительной величиной потерь в сопротивлении R контура. В практически используемых контурах добротность имеет величину порядка 60—200. Это позволяет при помощи переменного тока с малой амплитудой «возбуждать» в контуре колебания тока в сотни раз большей амплитуды.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

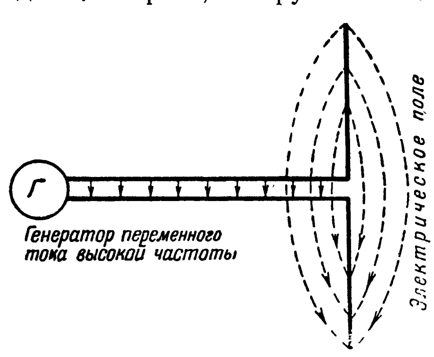
Рассмотренные выше колебания тока или напряжения в контуре можно назвать электрическими колебаниями. Они сопровождаются колебаниями электрического и магнитного полей. При разборе явлений в контуре мы говорили о переходе одного вида энергии в другой. Совместное существование электрического и магнитного полей подтверждается, например, и тем, что при протекании тока по проводу вокруг него создается магнитное поле. Поэтому можно говорить о наличии электромагнитной энергии, объединяя оба вида энергии (магнитную и электрическую) в одно понятие.

Радиосвязь основана на передаче электромагнитной энергии, излучаемой в окружающее пространство. Эта энергия заключена в электромагнитной волне, называемой также радиоволной.

Под электромагнитной волной подразумевают электромагнитное поле, движущееся в пространстве. Так же как энергии электрического и магнитного полей объединены общим понятием электромагнитной энергии, так и электромагнитная волна есть обобщенное понятие одновременно движущихся в пространстве электрического и магнитного полей. Всякое изменение электрического поля вызывает изменение магнитного поля, и наоборот. Чем отличаются друг от друга процессы передачи электромагнитной энергии по проводам и без проводов? По существу ничем! Даже при наличии проводов электромагнитная энергия передается не по проводам, а в пространстве вокруг проводов. Это может быть подтверждено хотя бы тем, что скорость передачи электромагнитной энергии по проводам приблизительно равна скорости распространения света, т. е. 300 000 *км/сек*. Эта скорость не могла бы быть достигнута, если бы энергия передавалась движущимися электронами (током) внутри

металла проводов. Скорость движения электронов внутри металла составляет несколько миллиметров в секунду.

Провода служат направляющими, вдоль которых распространяется электромагнитная волна. Представление о том, что электромагнитная энергия передается по проводам связано с тем, что когда по проводам течет ток, то электрическое и магнитное поля, создаваемые током, сосредоточены главным образом в пространстве между проводами. Энергия, которую несет с собой ток, также сосредоточена в пространстве между проводами и распространяется не по проводам, а вдоль проводов в направлении от источника энергии к потребителю (нагрузке).



Фиг. 25. Простейший излучатель электромагнитной энергии.

Процесс излучения электромагнитной энергии сводится к тому, что часть передаваемой энергии теряет связь с проводами, отрывается от них и уносится в окружающее пространство в виде радиоволн. Этот процесс в очень упрощенном виде можно представить себе следующим образом. Пусть имеется двухпроводная линия, к концам которой присоединены два вертикальных провода, расположенные перпендикулярно к линии, как это показано на фиг. 25. Вдоль всей основной линии электрическое и магнитное поля сосредоточены главным образом в пространстве между проводами и вблизи них. Вертикально расположенные два провода (перпендикулярно основной линии) создадут электрическое поле во всем окружающем пространстве и захватывают области, расположенные на большом расстоянии от проводов основной линии.

Если генератор питает линию токами высокой частоты, которые иногда называют быстропеременными, то часть электромагнитной энергии, сосредоточенная в поле, расположенном на большом расстоянии от основной линии и поэтому слабо связанная с ней, оторвавшись от проводников линии, уходит в окружающее пространство, не успевая вернуться обратно в линию при изменении направления тока в линии. Очевидно, чем быстрее и чаще происходят

изменения направления тока в линии, тем бо́льшая часть энергии, распределенной в окружающем пространстве, не успевает вернуться в линию и излучается в окружающее пространство, создавая в нем радиоволны. Так как быстрота изменений направления тока в линии определяется частотой тока, то при заданных размерах проводов, расположенных перпендикулярно к линии, излученная энергия будет зависеть от соотношения длины проводов и частоты тока, которым они питаются.

Такие провода, служащие для излучения электромагнитной энергии, называют передающей антенной. В зависимости от назначения радиостанции и длины волны антенны могут быть различных форм и размеров.

ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТ И ВОЛН

Излученные электромагнитные волны распространяются в пространстве со скоростью света. Изменения электромагнитного поля происходят с такой же частотой, с какой происходят изменения тока в проводе. В результате за один полный период изменения тока электромагнитная волна

Таблица 1

Наименование диапазонов волн	Длина волны	Частота	Области применения
Длинные	Более 3 000 *м*	Менее 100 *кгц*	Радиотелеграфия, службы времени и погоды, радионавигация, промышленное применение
Средние	3 000÷200 *м*	100÷1 500 *кгц*	Радиовещание, радиосвязь
Промежуточные	200÷50 *м*	1,5÷6 *мггц*	Радиосвязь, радионавигация
Короткие	50÷10 *м*	6÷30 *мггц*	Радиовещание, радиосвязь, радионавигация
Метровые	10÷1 *м*	30÷300 *мггц*	Телевидение, радиосвязь, промышленное применение, радиоастрономия
Дециметровые	100÷10 *см*	300÷3 000 *мггц*	Радиолокация, радиорелейные линии, диатермия
Сантиметровые	10÷1 *см*	3 000÷30 000 *мггц*	Радиолокация, радиорелейные линии, радиоастрономия, радиоспектроскопия
Миллиметровые	10÷1 *мм*	До $3 \cdot 10^5$ *мггц*	Радиоспектроскопия, специальные исследовательские установки

успевает распространиться на расстояние, равное длине волны:

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

где c — скорость распространения света ($3 \cdot 10^8$ *м/сек*).

Диапазоны частот и волн, используемых в радиотехнике, приведены в табл. 1.

Приведенное в табл. 1 распределение радиоволн на диапазоны является условным и связано с особенностями генерирования и распространения волн той или иной длины.

В радиовещательной практике используются лишь отдельные участки перечисленных диапазонов. Применительно к радиовещанию радиоволны разделяются на такие диапазоны:

Длинные волны	2 000—700 *м*
Средние волны	600—200 *м*
Короткие волны	70—13 *м*
Ультракороткие волны . . .	короче 10 *м*

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

СРЕДА, В КОТОРОЙ РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ РАДИОВОЛНЫ

В данное время можно практически осуществить радиосвязь между любыми точками земного шара. Однако для этого нужно знать свойства среды, в которой происходит распространение радиоволн, уметь применяться к ним и правильно выбирать длину волн.

В первые годы после изобретения радио считали, что радиоволны могут распространяться только в пределах прямой видимости между отдельными пунктами связи. Полагали, что распространение на большее расстояние невозможно из-за шаровидности Земли и что дальность радиосвязи ограничивается пределами прямой видимости, т. е. горизонтом. На самом деле это не так! Это доказано на практике и обосновано теоретически.

Как же объяснить возможность радиосвязи на далеких расстояниях? Ведь радиоволна не проходит сквозь толщу земного шара?

Земля окружена воздухом, состоящим из смеси газов: азота, кислорода, водорода и ряда других. Наибольшую плотность воздух имеет у Земли. При удалении от Земли плотность воздуха падает. Если у поверхности земли воздух

является достаточно хорошим изолятором, то по мере удаления от нее он меняет свои электрические свойства.

В слое воздуха высотой до 10—12 *км* от поверхности земли — так называемой тропосфере — происходят непрерывные изменения электрических свойств среды, обусловленные действием ветров, неравномерностью влажности и нагрева Земли. Над тропосферой находится стратосфера, которая простирается на сотни километров от Земли. Ей не свойственны резкие изменения температуры и ветры, которые так сильно влияют на состояние тропосферы. Тем не менее электрические свойства стратосферы, влияющие на распространение радиоволн, резко меняются. Это обусловлено ионизацией газов под воздействием главным образом излучения солнца.

В нормальных условиях газы стратосферы состоят из электрически нейтральных молекул. Под влиянием лучей солнца, космических лучей и других излучений, приходящих из космического пространства, эти молекулы частично ионизируются, т. е. распадаются на свободные электроны и положительные ионы. В результате резко изменяются свойства стратосферы, а вместе с тем и условия распространения радиоволн.

Наибольшей степени ионизация газов достигает на высоте нескольких сот километров от поверхности Земли. На других высотах степени ионизации различны.

Ионизированные области стратосферы обычно называют ионосферой. Ионосфера неоднородна и представляет собой совокупность нескольких типичных слоев. На высоте около 100 *км* от Земли существует днем слой E, который ночью исчезает. Над ним, приблизительно на высоте 250—300 *км* от Земли, находится слой F, который в дневное время распадается на два слоя: F_1 и F_2.

Перечисленные слои ионосферы не резко разделены между собой. Степень ионизации каждого слоя меняется; она зависит от времени суток и года и главным образом от интенсивности солнечного излучения.

ЯВЛЕНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Распространение радиоволн связано со следующими явлениями.

По мере удаления от передающей антенны происходит рассеяние энергии радиоволн. При этом энергия излучен-

ной волны распределяется во все большем пространстве, на каждую точку которого приходится поэтому все меньше энергии. Это ослабление энергии происходит быстро. Устранить рассеяние энергии по мере увеличения расстояния от передающей антенны до места приема невозможно. Некоторого уменьшения рассеяния радиоволн можно достигнуть применением узконаправленных излучателей, которые по своему действию сходны с прожекторами. При этом излученная энергия направляется в заданном направлении. Такие методы применяются в устройствах радиолокации. Иногда пользуются также направленным излучением при радиовещании на коротких волнах.

Поглощение энергии радиоволны имеет место при ее прохождении через среду с недостаточно высокими изоляционными свойствами. Такой средой могут быть горы с металлическими рудами, леса, каменные дома и т. п. Этим объясняется, что в глубине леса прием передач бывает слабее, чем в поле.

Отражение и преломление волн при переходе из одной среды в другую заключаются в том, что волна, дойдя до границы между средами, отклоняется под некоторым углом, как это свойственно и световым лучам. Отраженные волны пойдут в направлении, не совпадающем с тем, по которому проходит линия связи между передатчиком и приемником. В результате прием станет слабее.

Преломление волн наблюдается при переходе из одной среды в другую. При этом направление волн меняется, отклоняясь от первоначального. Степень преломления, характеризуемая углом отклонения, зависит не только от свойств среды, но и от длины волны. Более длинные волны имеют большой угол преломления.

Явление преломления волн вызывается тем, что в различных средах скорости распространения волн неодинаковы.

Диффракция волн заключается в том, что волны огибают различные препятствия, оказывающиеся на их пути. Чем длиннее волна, тем лучше она огибает препятствия. При этом приходится считаться с соотношением длины волны и размерами препятствия. При огибании радиоволнами большой горы может оказаться, что за крутыми склонами горы получится «радиотень», где радиоприем будет невозможен.

Интерференция радиоволн заключается в сложении нескольких волн в данной точке пространства. Как правило,

волны с почти одинаковой длиной при интерференции создают помехи радиоприему, проявляющиеся в виде воя, свиста и хрипов. Благодаря явлению интерференции может наблюдаться усиление или ослабление радиоприема одной и той же станции.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Передающая антенна излучает одновременно поверхностные и пространственные радиоволны.

Поверхностные волны излучаются почти горизонтально и распространяются вдоль поверхности земли. Эти волны быстро затухают за счет потерь энергии в почве. Чем короче волны, тем быстрее они затухают.

Пространственные волны излучаются под некоторым углом к горизонту и направляются в ионосферу. В зависимости от степени ионизации отражающих слоев ионосферы, пространственные волны могут отразиться или уйти в мировое пространство.

Соотношение частей излучаемой общей энергии пространственными и поверхностными лучами зависят от длины волны.

Длинные волны (более 3 000 *м*) распространяются главным образом за счет поверхностного луча. Этот луч включает в себя значительную часть излучаемой энергии. Благодаря его способности огибать встречающиеся препятствия обеспечивается достаточное постоянство силы радиоприема на сравнительно больших расстояниях. Резких изменений в условиях распространения в разные времена суток и года не наблюдается. Длинные волны обеспечивают устойчивую непрерывную радиосвязь. Однако из-за наличия потерь энергии для связи на большие расстояния требуется значительная мощность.

Пространственные лучи не играют существенной роли в передаче длинных волн. Отражаясь от ионизированного слоя, пространственный луч возвращается на землю вблизи передающей станции и составляет незначительную часть всей излученной энергии. Некоторая часть энергии пространственного луча уходит в мировое пространство.

Средние волны (3 000 ÷ 200 *м*) распространяются одновременно поверхностными и пространственными волнами. Для более длинных волн имеет большее значение поверхностная, а для более коротких — пространственная волна.

В дневное время, когда ионизированные слои относи-

тельно низки и плотны, происходит сильное поглощение пространственной волны. Поверхностный луч также сильно поглощается из-за плохой способности огибать препятствия. В результате средние волны летом в дневное время не обеспечивают большой дальности передач. Ночью, в особенности зимой, условия распространения средних волн улучшаются. Пространственный луч лучше отражается от ионизированных слоев, а поверхностный меньше поглощается почвой.

Одновременное действие пространственного и поверхностного лучей в месте приема может оказаться несогласованным (не в фазе). Это приводит к ухудшению приема, а в некоторых случаях — и к полному его пропаданию. Изменение фазы колебаний пространственного и поверхностного лучей и связанное с этим колебание громкости радиоприема объясняются изменениями состояния ионизированных слоев.

Снижение уровня громкости приема происходит хаотически и в весьма заметных пределах. Это явление называют замиранием.

Короткие волны (50÷10 *м*) распространяются главным образом пространственными лучами. Поверхностные лучи сильно поглощаются поверхностью Земли. Кроме того, эти волны очень плохо огибают встречающиеся препятствия. В результате дальность действия поверхностных лучей не превышает нескольких десятков километров.

Для коротких волн характерны так называемые зоны молчания, в пределах которых эти волны не могут быть приняты. Обычно эти зоны находятся там, где поверхностный луч уже не может быть принят, а пространственный луч отражается от ионосферы так, что он не попадает в зону молчания.

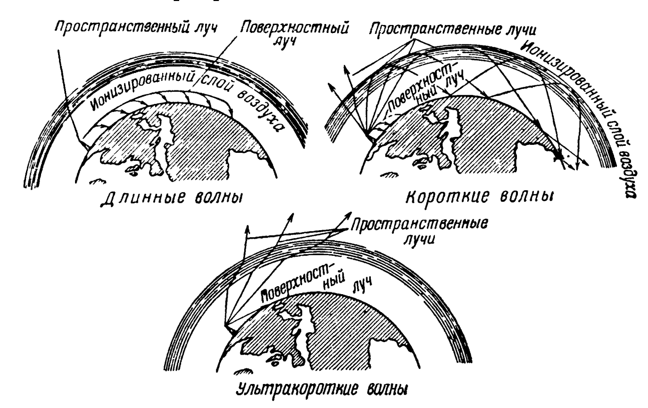
Возможны случаи воздействия на радиоприемник многократно отраженного пространственного луча.

Преимущества коротких волн перед длинными сказываются в возможности одновременного использования большого числа действующих радиостанций без взаимных помех. К их преимуществам также относятся большая дальность передачи при малой мощности передатчика и сравнительно малые размеры антенн и элементов радиоустройств.

Недостатком коротких волн является сильная зависимость условий распространения от времени суток и года. Им также свойственны резкие изменения громкости приема и частые замирания, связанные с непрерывными изменения-

ми состояния отражающих слоев ионосферы. Возможны случаи, когда связь между близкими пунктами невозможна. Тем не менее короткие волны весьма широко используются благодаря их преимуществам перед длинными.

Ультракороткие волны дают возможность обеспечивать уверенную связь в пределах прямой видимости. Распространение происходит главным образом при помощи поверхностного луча, который, однако, не обладает способностью огибать большие преграды и сильно поглощается почвой.



Фиг. 26. Пути радиоволн различной длины.

Достигнуть большой дальности передач за счет отражения пространственного луча от ионизованных слоев ионосферы не удается. Только в некоторых редких случаях, когда создаются случайные соответствующие условия отражения, возможно перекрытие очень больших расстояний при помощи пространственного луча.

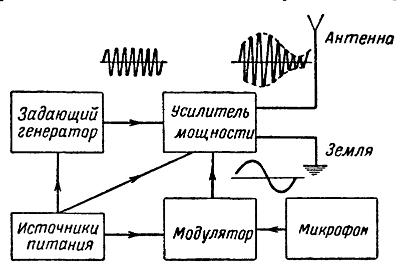
Схематическое представление путей распространения радиоволн разных типов приведено на фиг. 26.

РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

НАЗНАЧЕНИЕ И БЛОК-СХЕМА РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Выше рассматривались процессы излучения и распространения радиоволн, используемых для передачи речи, музыки или телеграфных сигналов. При этом предполагалось, что все процессы, связанные с получением высокочастотного тока, и управление этим током осуществляются при помощи радиопередающих устройств.

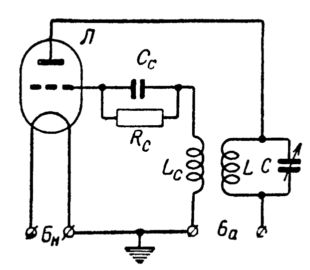
Блок-схема современной радиостанции приведена на фиг. 27. Основными узлами радиостанции являются: задающий генератор, генерирующий ток заданной высокой частоты; усилитель мощности тока высокой частоты; модулятор, при помощи которого осуществляется управление током высокой частоты для передачи сигналов (речи, музыки и телеграфных сигналов); передающая антенна, при помощи которой осуществляется излучение электромагнитной энергии в окружающее пространство; источники электрического питания всех элементов станции.



Фиг. 27. Блок-схема радиопередающей станции.

ДЕЙСТВИЕ УЗЛОВ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Задающий генератор должен обеспечить генерирование тока с частотой, присвоенной данной радиостанции. Частоту генерируемых высокочастотных колебаний называют несущей.



Фиг. 28. Простейшая схема генератора с самовозбуждением.

Простейшая схема задающего лампового генератора с самовозбуждением приведена на фиг. 28.

При включении источников питания ($Б_н$ и $Б_а$) через лампу *Л* и колебательный контур L C потечет ток и в контуре возникнут колебания соответствующей частоты.

Для компенсации потерь в колебательном контуре L C используется положительная обратная связь, действие которой сводится к следующему. При протекании тока по индуктивности L в катушке обратной связи L_C индуктируется э. д. с. Эта э. д. с. приложена между сеткой и катодом лампы и при соответствующей ее величине и фазе вызывает приращение тока в анодной цепи и контуре L C, что компенсирует потери. Энергия, затрачиваемая на

поддержание в контуре незатухающих колебаний, пополняется за счет источника питания $Б_a$.

Сопротивление R_c и конденсатор C_c служат для получения нужной величины сеточного смещения путем использования сеточного тока лампы. Такой способ обеспечения сеточного смещения называется автоматическим.

Рассмотренная схема лампового генератора с самовозбуждением не является единственно возможной. Имеется большое число схем подобного действия.

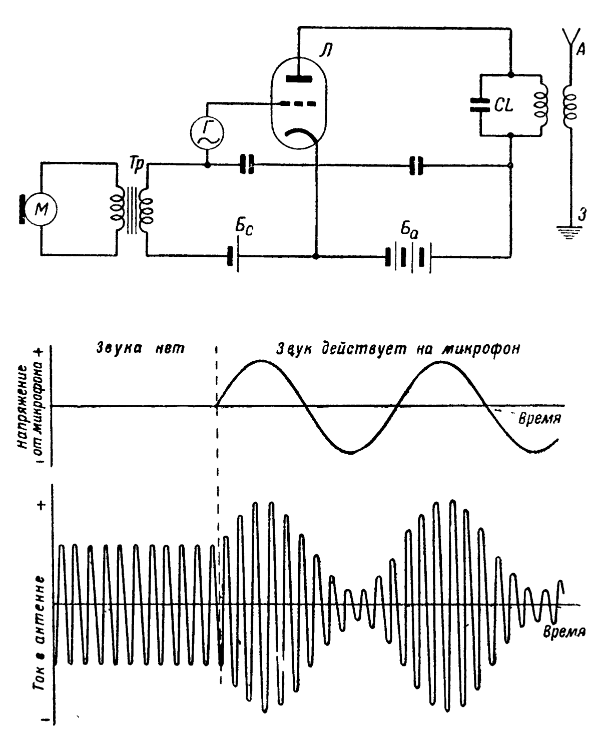
На радиовещательных станциях задающий генератор для поддержания постоянства частоты генерируемых колебаний помещается в термостат, в котором поддерживается неизменная температура.

Усилитель мощности колебаний высокой частоты предназначен для усиления мощности колебаний до величины, достаточной для питания передающей антенны. Часто приходится применять несколько последовательно включенных усилителей (несколько каскадов). Так, например, в современной мощной радиовещательной станции к антенне подводятся высокочастотные колебания мощностью в сотни киловатт и больше, а выходная мощность задающего генератора составляет всего около 1 *вт*. Это значит, что необходимо усиление в сотни тысяч раз. Такое усиление осуществляется в пяти—восьми каскадах.

На управляющую сетку усилительной лампы подаются сеточное смещение от батареи и переменное (высокочастотное) напряжение от задающего генератора. В соответствии с изменением потенциала сетки будет меняться анодный ток лампы, протекающий через контур. Этот контур настраивают в резонанс с усиливаемыми колебаниями. При протекании тока через катушку контура в антенной катушке, которая связана с катушкой контура усилительного каскада, будет индуктироваться ток той же частоты. В результате высокочастотные колебания усиленной мощности попадут в антенну.

Ток низкой частоты, получаемый на выходе микрофона, используется для управления током высокой частоты, которым питается передающая антенна. Этим достигается перенос низкочастотных колебаний радиоволнами. Процесс управления токами высокой частоты в соответствии с передаваемыми сигналами называется модуляцией. В случае передачи телеграфных сигналов этот процесс называют манипуляцией.

Простейшая схема осуществления модуляции и графики колебаний приведены на фиг. 29. На управляющую сетку лампы *Л* одновременно подаются три напряжения: напряжение высокой частоты с постоянной амплитудой (от генератора *Г*), напряжение низкой частоты от микрофона *М*



Фиг. 29. Схема сеточной амплитудной модуляции и графики колебаний.

через трансформатор *Тр* (усилитель микрофонных токов не показан) и постоянное напряжение сеточного смещения от батареи $Б_с$. Потенциал сетки в каждый момент времени определяется суммарным действием всех приложенных напряжений.

Если бы напряжение звуковой частоты (модулирующее напряжение) отсутствовало, то в контуре поддерживались бы незатухающие колебания с постоянной амплитудой. При наличии же модулирующего напряжения и надлежащем

выборе режима работы лампы амплитуда колебаний в контуре будет изменяться в соответствии с изменениями напряжения звуковой частоты, т. е. в контуре будет протекать модулированный по амплитуде ток.

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

ПРИЕМ РАДИОВОЛН

В предыдущих главах описывались процессы, связанные с радиопередачей. Были изложены методы и способы преобразования звуковых колебаний в электрические сигналы, усиления электрических колебаний низкой частоты при помощи трехэлектродных и многоэлектродных ламп; описывались схемы генераторов тока высокой частоты, усиления мощности колебаний высокой частоты, модуляции колебаний высокой частоты по амплитуде при передаче речи или музыки, а также процессы излучения радиоволн. Все радиоволны, создаваемые радиостанциями, распространяются в окружающем пространстве. Наряду с ними электромагнитные колебания создают также различные другие источники. К последним относятся: трамвай, троллейбусы, автотранспорт, самолеты, сварочные станки, электрические звонки, рентгеновские аппараты и многие другие электрические машины. Эти источники электромагнитных колебаний вызывают помехи радиоприему.

Помехи радиоприему создают также и те радиостанции, прием которых в данный момент нежелателен.

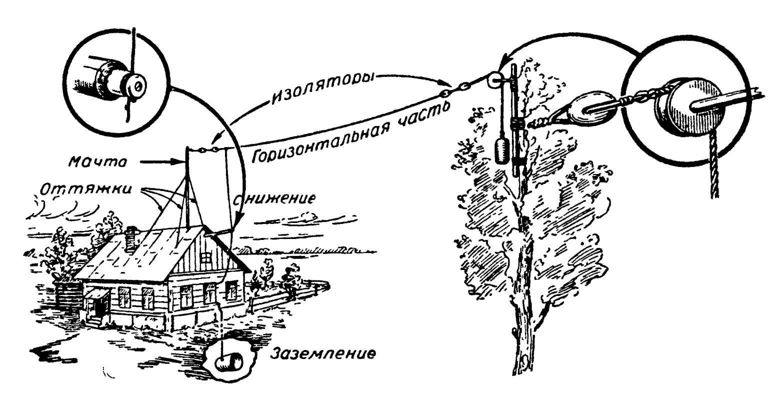
Из сказанного следует, что в первую очередь любое радиоприемное устройство должно обеспечивать улавливание волны определенной радиостанции, «отсеяв» по возможности все остальные волны. Эти задачи выполняет в первую очередь приемная антенна с входной цепью приемника.

Радиоволны, пересекая антенну, наводят в ней переменную э. д. с., которая изменяется во времени точно так же, как электромагнитное поле радиоволны.

Выделение э. д. с. нужной радиостанции из общего числа э. д. с., возбуждаемых в антенне, осуществляется при помощи резонансного колебательного контура. Для этого колебательный контур настраивается на частоту принимаемой радиоволны, т. е. в резонанс с ней. При резонансе, когда частота собственных колебаний контура совпадает с частотой колебаний, которые мы желаем принять, амплитуда колебаний возрастает, тогда как амплитуды других колебаний, частоты которых не совпадают с частотой кон-

тура, не увеличиваются. Этим осуществляется «отсев» ненужных радиостанций.

Так как энергия электромагнитных волн по мере удаления от передатчика уменьшается, то энергия, улавливаемая антенной от далеко расположенных станций, очень мала. Чтобы добиться приема на большом расстоянии, приходится использовать весьма чувствительные приемники. Для приема близко расположенных радиостанций можно применять приемники с малой чувствительностью.



Фиг. 30. Г-образная антенна.

Общая чувствительность приемника зависит от качества антенны, входной цепи (колебательного контура) и усиления, которое можно осуществить в данном приемнике. В современных высокочувствительных приемниках осуществляется усиление в миллионы раз.

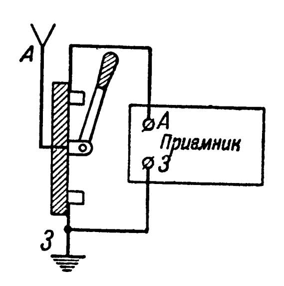
Для приема в диапазоне длинных и средних волн наиболее широкое применение получили наружные Г-образные антенны (фиг. 30). Наряду с ними применяются также комнатные и многие другие типы антенн.

Г-образная антенна имеет вертикальную и горизонтальную части. Вертикальную часть антенны называют снижением.

Неотъемлемой частью антенного устройства является заземление, которое может быть осуществлено в зависимости от условий несколькими способами. В сельской местности выгоднее всего осуществить заземление, закопав в землю на глубину, соответствующую уровню грунтовых вод, моток провода или какой-либо металлический предмет. Иногда

может оказаться удобнее вбить в землю металлический штырь длиной 0,5—0,7 *м*. От закопанного в землю предмета протягивается соединенная с ним медная проволока диаметром примерно 1,5—2,5 *мм*. Заземление должно быть соединено с гнездом радиоприемника, помеченным буквой *З*. В сельских местностях присоединение антенны и земли к приемнику следует производить не непосредственно, а через соответствующий переключатель (фиг. 31).

В городских условиях заземление осуществляется присоединением к водопроводным трубам или трубам центрального отопления. В обоих случаях место присоединения провода должно быть тщательно зачищено, а контакт должен быть сделан прочным.



Фиг. 31. Схема монтажа грозового переключателя.

Наружную антенну желательно делать из специального антенного канатика. Можно также использовать одножильный медный провод диаметром 2—3 *мм* или оцинкованный провод.

Антенну и снижение следует выполнить из одного куска провода, без паек. В местах паек провод часто окисляется, нарушается контакт и при работе приемника прослушиваются трески.

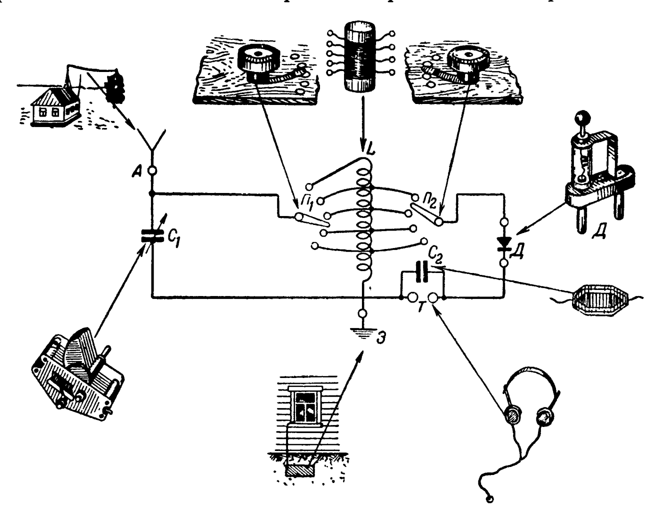
Концы антенного провода изолируются от стоек (мачт) и оттяжек при помощи изоляторов: антенных орешковых изоляторов или обычных роликов.

Снижение антенны вводится в помещение через оконную раму. При этом должна быть обеспечена хорошая изоляция провода от стен и крыши. Для изоляции можно использовать резиновые трубки или фарфоровые втулки. Внутри помещения антенный провод укрепляется на роликах.

БЕЗЛАМПОВЫЕ РАДИОПРИЕМНИКИ

К безламповым радиоприемникам относится детекторный приемник. Название «детекторный приемник» определяется применением кристаллического детектора, назначение которого будет описано при рассмотрении действия приемника.

Простая схема детекторного приемника приведена на



Фиг. 32. Схема детекторного приемника.

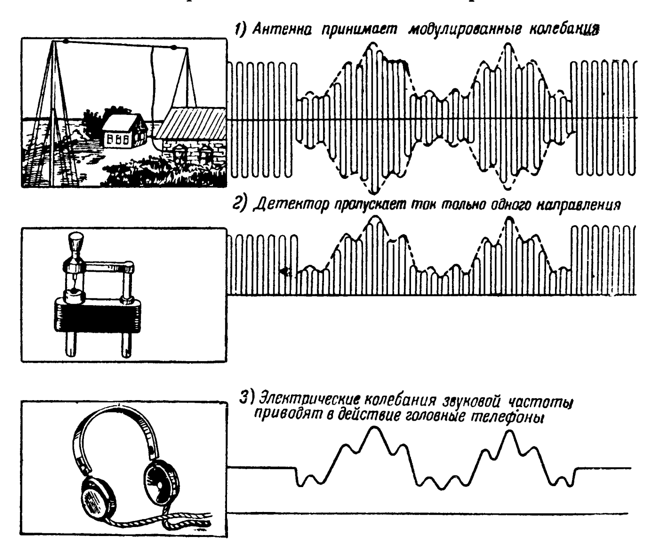
фиг. 32. Там же показано, как выглядят основные детали приемника.

Основной частью приемника является колебательный контур, состоящий из конденсатора C_1 переменной емкости и катушки L. К контуру присоединены антенна и заземление. Изменяя емкость конденсатора C_1, можно менять резонансную частоту, на которую настраивается приемник. Грубая настройка осуществляется переключением секций катушки при помощи переключателя $П_1$, а точная — конденсатором переменной емкости.

К заземленному концу катушки и ее отводам через переключатель $П_2$ присоединена детекторная цепь, состоящая из детектора $Д$ и телефона T, блокированного конденсатором C_2.

Если к телефону подвести высокочастотные модулированные колебания, то передачи слышно не будет. Высокочастотные колебания должны быть демодулированы, т. е. из них надо выделить передаваемые низкочастотные сигна-

лы. Это осуществляется при помощи детектора, который обладает свойством пропускать ток лишь в одном направлении (фиг. 33). В результате на выходе детектора «нижняя часть» амплитудно-модулированных колебаний будет как бы отрезана. Пропущенная детектором «верхняя половина» колебаний представляет собой верхние «половинки»



Фиг. 33. Графическое изображение процесса детектирования.

высокочастотных колебаний, амплитуда которых изменяется в соответствии с модулирующей их низкой частотой.

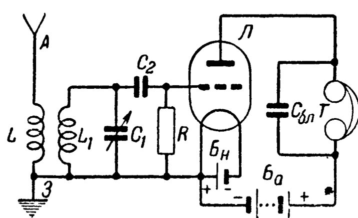
Каждая из составляющих колебаний, получающихся после детектирования, направляется в схеме разными путями. Высокочастотная составляющая замыкается через конденсатор C_2 и никакого воздействия на телефон не оказывает. Составляющая же низкой частоты замыкается через телефон и преобразуется им в звуковые колебания.

Детекторные приемники пользуются распространением благодаря их малой стоимости и отсутствию электрических источников питания. В большинстве случаев радиолюбители собирают сами такие приемники. Есть и заводские детекторные приемники. Одним из них является, например, приемник «Волна».

На детекторные приемники мощные радиовещательные станции обычно принимаются на расстояниях до нескольких сот километров.

ПРОСТЕЙШИЕ ЛАМПОВЫЕ РАДИОПРИЕМНИКИ

Ламповые радиоприемники отличаются от детекторных тем, что в них используются электронные лампы для детектирования, усиления и преобразования принимаемых колебаний. Простейшим ламповым приемником является одноламповый приемник с сеточным детектированием, схема которого приведена на фиг. 34. Как и в ранее рассмотренных схемах приемников, колебательный контур L_1C_1 служит для настройки приемника в резонанс на частоту принимаемой станции. Конденсатор C_2 и сопротивление R применены для того, чтобы лампа работала как детектор. В анодной цепи этой лампы будут токи трех видов (составляющих тока): высокой частоты, низкой частоты и постоянная составляющая. Телефон приводит в действие низкочастотная составляющая анодного тока.



Фиг. 34. Схема одноламповогo приемника с сеточным детектированием.

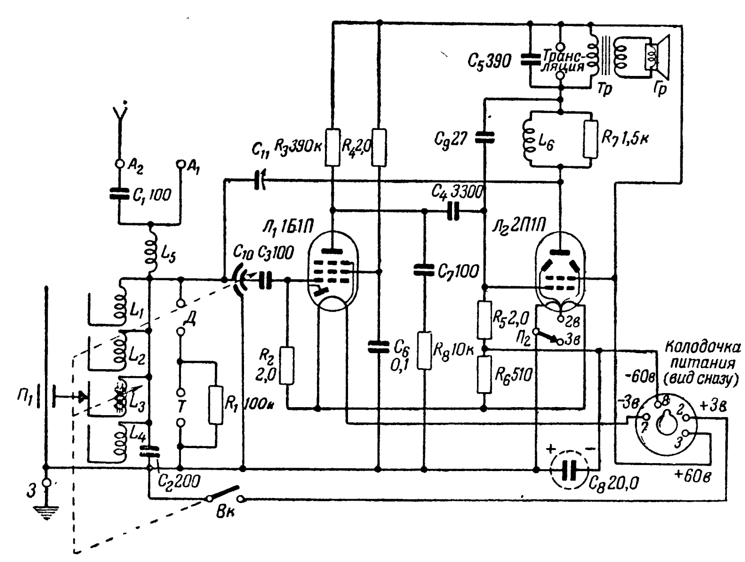
Фиг. 35. Схема одноламповогo приемника с обратной связью.

Преимущества рассматриваемого приемника перед детекторным заключаются в том, что одновременно с детектированием происходит еще усиление. Степень усиления зависит от типа лампы.

Усиление такого приемника можно значительно увеличить, применив так называемую обратную связь. Такие приемники часто называют регенеративными. Схема регенеративного приемника, показанная на фиг. 35, отличается от схемы фиг. 34 наличием второй катушки — L_2. По этой катушке протекает анодный ток лампы и индуктирует при этом некоторую э. д. с. в контуре L_1C_1. Это воздействие катушки L_2 на контур L_1C_1 и называется обратной связью. Направление витков обмоток катушек L_1 и L_2 выбирается так, чтобы общее напряжение на зажимах контура L_1C_1 увеличивалось, вызывая увеличение громкости принятых ра-

диостанций. Величину обратной связи можно регулировать изменением связи (расстояния) между катушками L_1 и L_2.

Сочетание схемы одноламнового приемника с сеточным детектированием и обратной связью с одним каскадом усиления по низкой частоте представляет собой уже такой радиоприемник, который может с успехом применяться в сельских местностях для дальнего приема.



Фиг. 36. Принципиальная схема и внешний вид радиоприемника „Тула".

Нашей промышленностью выпускается подобный приемник под названием «Тула». Его схема приведена на фиг. 36.

Приемник «Тула» питается от батареи и дает громкий прием радиостанций, находящихся на расстоянии нескольких сот километров в диапазонах волн 2 000 ÷ 732 и 555 ÷ 200 *м*.

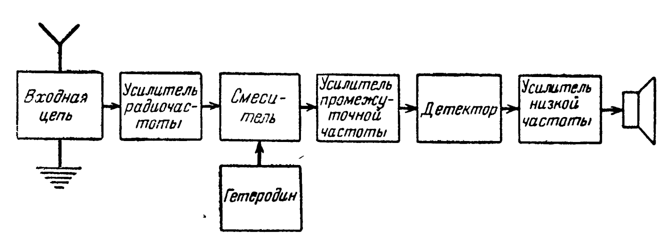
В приемнике применены лампы «пальчиковой» серии типа 1Б1П и 2П1П. Первая лампа используется как детектор и предварительный усилитель низкой частоты, а вторая работает усилителем мощности.

При отсутствии ламп или батарей питания приемник может быть использован как детекторный. В этом случае в гнезда *Д* включается детектор, а к зажимам *T* присоединяется телефон. При применении электромагнитного теле-

фона сопротивление R_1 можно отключить, отчего громкость приема повысится.

В настоящее время наибольшим распространением пользуются супергетеродинные приемники, в которых основное усиление принятого сигнала производится на промежуточной частоте, постоянной для данного приемника и не зависящей от частоты принимаемого сигнала.

Блок-схема приемника супергетеродинного типа приведена на фиг. 37. Усилитель высокой частоты имеется



Фиг. 37. Блок-схема супергетеродинного приемника.

у сравнительно немногих приемников этого типа, относящихся к высшему классу.

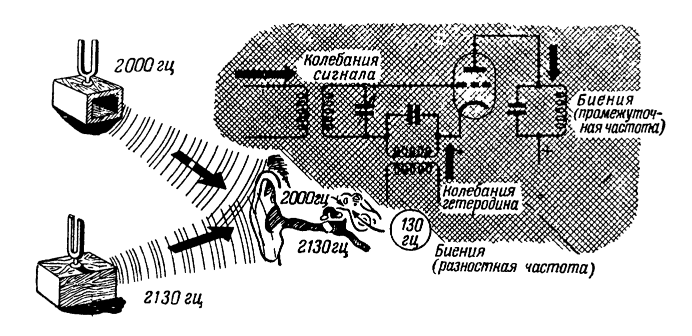
Смеситель служит для преобразования частоты принимаемого сигнала в колебания промежуточной частоты. Усилитель промежуточной частоты усиливает преобразованные колебания до величины, необходимой для нормальной работы детектора. После детектирования получаются колебания низкой частоты, которые усиливаются усилителем низкой частоты.

Принцип действия преобразователя частоты и простейшая схема преобразования частоты приведены на фиг. 38.

Как показано на фиг. 38, при одновременном звучании двух камертонов с частотами 2 000 и 2 130 *гц* наше ухо способно выделять звуки с разностной частотой (частотой биений) 130 *гц*. Точно так же можно представить действие схемы преобразователя. На управляющую сетку лампы одновременно воздействуют колебания принимаемого сигнала и колебания, генерируемые маломощным генератором (гетеродином). В результате в анодном токе лампы, поставленной в соответствующие условия (режим) работы, будут составляющие тока с частотами сигнала, гетеродина и биений (промежуточной частоты). Колебательный контур в анодной цепи настраивается в резонанс на промежуточную частоту. В результате на зажимах колебательного резо-

нансного контура будет иметь место падение напряжений только промежуточной частоты.

Колебательные контуры усилителя промежуточной частоты в процессе работы приемника не перестраиваются. На-



Фиг. 38. Преобразование частоты.

стройка приемника осуществляется лишь в приемном контуре и контуре гетеродина при помощи конденсаторов переменной емкости.

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ

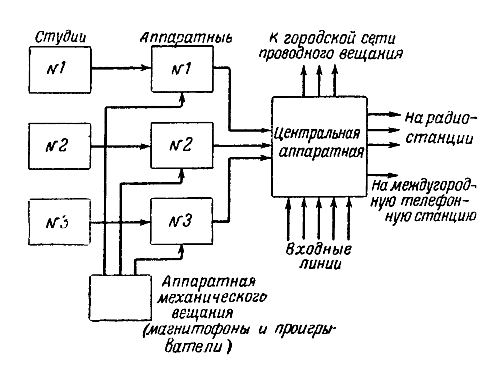
«Говорит Москва!» — так начинает свой день радиовещательный узел города Москвы, столицы нашей Родины. По всему миру разносится Гимн Советского Союза!

Затем начинается перечисление волн радиостанций, на которых передается программа. Одновременно с этим указывается программа передач по городской трансляционной сети. Советское радио слушают миллионы людей во всем мире. Концерты, последние известия, лекции, гимнастика по радио, детские игры и многие другие передачи производятся ежедневно. Трудно перечислить разнообразные программы радиовещания, которые передаются на всех языках народов СССР. Каждая передача в зависимости от времени и круга слушателей, для которых она предназначена, имеет свои особенности.

Работа радиовещательного узла Москвы связана с работой узлов многих других городов. Некоторые из городов продолжают еще свою работу, в то время как другие ее кончают или только начинают. Это относится, например, к Владивостоку. В 24 часа Москва продолжает передавать концерт, а во Владивостоке уже 6 час. утра следующего

дня и там передают гимнастику по радио. Так, ни на минуту не прекращается «радиожизнь» страны. В областных городах радиовещательные узлы имеют несколько упрощенную структуру.

Когда вы подходите к радиостанции, то еще издалека видны передающая антенна на высоких башнях, небольшие домики и сравнительно большое поле. Обычно такая башня расположена вдали от города. Не требуются специальные знания, чтобы догадаться, что перед вами радиостанция!



Фиг. 39. Схема радиовещательного узла.

Совсем иначе выглядит здание радиовещательного узла или, как называют его в больших городах, Дом радио. Этот Дом ничем не отличающийся от других домов большого города. Только маленькая вывеска на стенке «Дом радио» может вас натолкнуть на мысль о том, что это здание имеет отношение к тому, что передается по радио.

Внутри Дом радио не походит на обычные учреждения. Световые предупреждающие надписи «Не входить! Идет передача», тишина в коридорах, мягкие ковры, в которых тонет шум шагов, создают впечатление необычного учреждения и специфического режима работы.

Блок-схема радиовещательного узла приведена на фиг. 39.

Студия представляет собой помещение, приспособленное для ведения радиопередач. Стены студии покрыты материалами, обеспечивающими непроницаемость звука извне и хорошее воспроизведение звуков передачи. Обычно потолки и стены покрыты специальными акустическими материалами.

Внутри студии размещается несколько микрофонов, установленных на высоких держателях, позволяющих наиболее целесообразно располагать их вблизи артистов. В некоторых студиях, приспособленных для передачи звуковых эффектов, заранее устанавливаются необходимые приборы. Обычно среди многих студий имеется и так называемая «большая» студия, рассчитанная на передачу концертов больших хоровых и оркестровых коллективов. Такая студия представляет собой по существу хорошо оборудованный концертный зал.

Наличие нескольких студий дает возможность производить передачу из любой из них, причем пока передается программа из одной студии, можно подготовить программу передачи из другой, заранее вызвав туда актеров, диктора и других лиц, участвующих в передаче. К каждой студии примыкает своя студийная аппаратная комната. Обычно аппаратная отделена от студии толстыми стеклами, через которые хорошо видно, что делается в студии. Аппаратная комната надежно звукоизолирована от студии.

В аппаратной комнате за пультом управления размещается режиссер звукопередачи, обычно называемый тонмейстером. В его задачу входит регулирование громкости передачи. Тонмейстер может уменьшить громкость, например музыкального сопровождения, и увеличить громкость речи или наоборот.

В аппаратной находятся магнитофоны, которые оператор включает, когда это требуется по ходу передачи.

Каждая студийная аппаратная связана с центральной аппаратной, через которую осуществляется дальнейшая передача.

В центральной аппаратной, которую можно назвать командным пунктом Дома радио, осуществляется включение той или иной студии для передачи через радиостанцию или в сеть вещания по проводам. К центральной аппаратной также подведены входные линии из театров и клубов, междугородной телефонной станции и выделенных пунктов, откуда может производиться радиопередача.

Связь между центральной аппаратной и радиостанцией осуществляется при помощи телефонных линий. Как правило, таких линий имеется несколько. Радиостанция и выделенный радиоприемный пункт располагаются за городом, причем выделенный радиоприемный пункт находится в стороне от радиостанции с целью уменьшения помех.

С чего начинается работа радиовещательного узла? До начала передач включается и прогревается аппаратура.

За несколько минут до начала передач диктор уже сидит за столом в студии. Перед ним — микрофон и сигнальные лампочки. Главный диспетчер в центральной аппаратной дает сигнал о начале передачи. На столе диктора в студии загорается зеленая сигнальная лампочка. Одновременно зажигается сигнальная лампочка на столе тонмейстера. Диктор включает микрофон и объявляет: «Говорит Москва!» В это время тонмейстер дает сигнал в аппаратную механического вещания, где техник включает магнитофон с записью Гимна Советского Союза. Так начинается рабочий день советского радио.

ЛИТЕРАТУРА

А. Князев, Как работает радиостанция, Оборонгиз, 1954.
Ю. В. Костыков, Техника связи, Воениздат, 1953.
В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, Госэнергоиздат, 1955.
И. И. Спижевский, Хрестоматия радиолюбителя, Госэнергоиздат, 1953.
И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1954.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 1 р. 45 к.